

Centro de Información Agroclimática y Ambiental (CIAg)

Fernández Long, M.E; Peretti, M.; Calabrese, L.; Lúgaro, T.; Figueiras, E.; Rossi Lopardo, M.S.; Sosa, G. y Della Chiesa, T.

RESUMEN

La información climática es esencial en una variedad de sectores y áreas de la sociedad, desempeñando un papel fundamental en la toma de decisiones y en la gestión de los recursos naturales. Es utilizada para desarrollar estrategias y capacidades de resiliencia y ayuda a reducir la vulnerabilidad de los impactos del cambio climático. Además, es una herramienta valiosa para la planificación de actividades agrícolas como siembra y cosecha, planificación del riesgo agropecuario, prevención de plagas y enfermedades, selección de cultivos y variedades, manejo de la producción ganadera, gestión de fertilizantes y nutrientes y seguro agrícola. A pesar de la gran relevancia de esta información, en muchos casos no se encuentra disponible siendo indispensable recurrir al uso de información satelital y de modelos globales, lo que suma complejidad al acceso a esta información. Para dar respuesta a esto se creó el Centro de Información Agroclimática y Ambiental. El primer paso fue generar una base de datos con información meteorológica de distintas fuentes tales como: datos observados, datos satelitales y datos generados por modelos globales y regionales. Luego, se calcularon una gran cantidad de variables agrometeorológicas y agroclimáticas y se desarrolló una página web que ofrece toda la información generada (<https://ciag.agro.uba.ar/>).

Palabras Clave: información climática, atlas agroclimático, bases de datos, cambio climático

Fernández Long, M.E; Peretti, M.; Calabrese, L.; Lúgaro, T.; Figueiras, E.; Rossi Lopardo, M.S.; Sosa, G. and Della Chiesa, T., 2023. Center for Agroclimatic and Environmental Information. RADA XIV: 37-47

SUMMARY

Climate information plays a fundamental role in decision-making and management of natural resources. It is used to develop resilience strategies and capacities and helps reduce vulnerability to climate change. In addition, agrometeorological information is a valuable tool for planning of agricultural activities such as planting and harvesting, pest and disease prevention, crop and variety selection, livestock production management, fertilizer and nutrient management, and agricultural insurance. Despite the great relevance of this

information, in many cases it is not available. Thus, the use of satellite information and global models becomes important, but they add greater complexity to access this information. The Agroclimatic and Environmental Information Center was created to simplify the search and access of information. The first step was to generate a database with meteorological information from different sources such as: observed data, satellite data and data generated by global and regional models. Then, agrometeorological and agroclimatic variables were calculated and a web page was developed that offers all the information generated (<https://ciag.agro.uba.ar/>).

Key words: climate information, agroclimatic atlas, databases, climate change

Fernández Long, M.E; Peretti, M.; Calabrese, L.; Lúgaro, T.; Figueiras, E.; Rossi Lopardo, M.S.; Sosa, G. y Della Chiesa, T. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, FAUBA, Av. San Martín 4453, Ciudad de Buenos Aires. Correspondencia a: flong@agro.uba.ar.

INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones en el sector agropecuario requiere de información agroclimática muy específica, la cual se hace evidente en la creciente demanda de conocimiento de los fenómenos del tiempo y del clima y de su influencia sobre los procesos productivos agropecuarios (Podestá *et al.*, 2013). Por este motivo resulta imprescindible proveer a los tomadores de decisiones de herramientas útiles para el desarrollo de la actividad cualquiera sea la escala de producción. Además, esta información es requerida no sólo por los técnicos y tomadores de decisiones, sino también por docentes y grupos de investigadores que requieren de datos agrometeorológicos para alimentar sus modelos y analizar resultados.

La actividad agropecuaria modifica la estructura y funcionamiento de los ecosistemas transformándolos en agroecosistemas destinados a lograr rendimientos adecuados y, de ser posible, crecientes. Los niveles de producción y de calidad se encuentran condicionados fuertemente por los factores meteorológicos, en especial en los períodos del ciclo del cultivo en los que la sensibilidad es máxima, es decir, períodos críticos. Durante estos, el apartamiento de los valores óptimos a condiciones de exceso o deficiencia resulta en pérdidas de rendimiento o fracasos que constituyen una situación crítica para los productores. Dependiendo de la magnitud y extensión de esos valores extremos, pueden

afectar la disponibilidad alimentaria, los saldos exportables, el precio del producto y también causar impactos ambientales (Thomasz *et al.*, 2019; Perez-Franco *et al.*, 2022; Thomasz *et al.*, 2023).

Un aspecto clave a considerar de la información agroclimática utilizada para la toma de decisiones del sector agropecuario, es la escala temporal requerida, vinculada, en mayor o menor medida, a una escala espacial. Es decir, información climática, del estado presente de la atmósfera y pronósticos meteorológicos a corto plazo (con unas pocas horas de anticipación), perspectivas semanales y los pronósticos climáticos. Estos últimos tienen la capacidad de predecir anomalías climáticas, con una anticipación de tres a seis meses, o, en el caso de las proyecciones climáticas, para períodos más extensos de hasta 100 años o más.

Esta necesidad de información, centrada principalmente en el área de la climatología aplicada a la producción agropecuaria, surge como consecuencia de la escasa accesibilidad a gran parte de la información climática básica generada por organismos oficiales en general y por la FAUBA en particular, y de la necesidad de transformarla en índices agroclimáticos que la vinculen directamente a los procesos productivos agropecuarios. Disponer de esta información es fundamental para que las políticas agrometeorológicas nacionales y regionales, se transformen en un objetivo de los tomadores de

decisiones por el impacto que la producción agropecuaria tiene no sólo en la economía en términos del Producto Bruto Interno (PBI) sino también en el desarrollo y alimentación de la población.

La originalidad de este proyecto radica en el cálculo y desarrollo de diferentes índices e información agroclimática y agrometeorológica a partir de distintas fuentes de información (desde observaciones de superficie, satélites y modelos), y en el almacenamiento de forma electrónica en un sistema informático controlado por un sistema de gestión de base de datos relacional y espacial (DBMS, DataBase Management System). El DBMS permite acceder, gestionar, modificar, actualizar, controlar y organizar fácilmente los datos utilizando un lenguaje de consulta estructurada.

Datos

Para la construcción de índices agroclimáticos y agrometeorológicos se utilizaron diferentes fuentes de información meteorológica, que incluyen desde datos observados provenientes de estaciones meteorológicas de superficie, hasta datos grillados (Figura 1) estimados a partir de información satelital y de modelos de simulación.

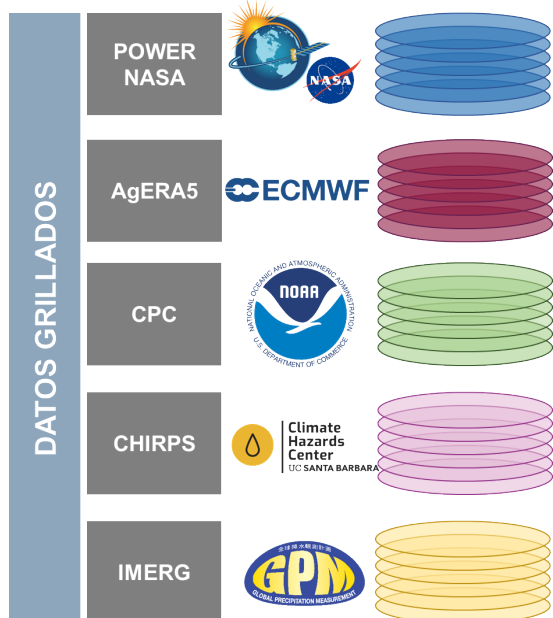


Figura 1. Fuentes de datos grillados utilizados.

Red de estaciones meteorológicas

Se trabajó con datos observados en superficie, provenientes de las 130 estaciones meteorológicas convencionales pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (Figura 2), para el período 1991-presente. Se utilizaron los datos de diversas variables meteorológicas, tales como: temperatura máxima diaria (°C), temperatura mínima diaria (°C), heliofania efectiva (hs), precipitación diaria (mm), temperatura de rocío (°C), tensión de vapor (hPa), presión a nivel de la estación (hPa), viento (km/hs). En muchas regiones del país la densidad de estaciones meteorológicas es baja (Figura 2) y por esta razón se trabajó también con información grillada.

Proyecto NASA POWER

El Proyecto de 'Predicción de los recursos energéticos mundiales' (POWER, por sus siglas en inglés) de la NASA proporciona datos y herramientas de acceso libre para estimar y analizar las condiciones climáticas a nivel global. Se puede acceder a información de radiación solar, temperatura del aire, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, precipitación y otras

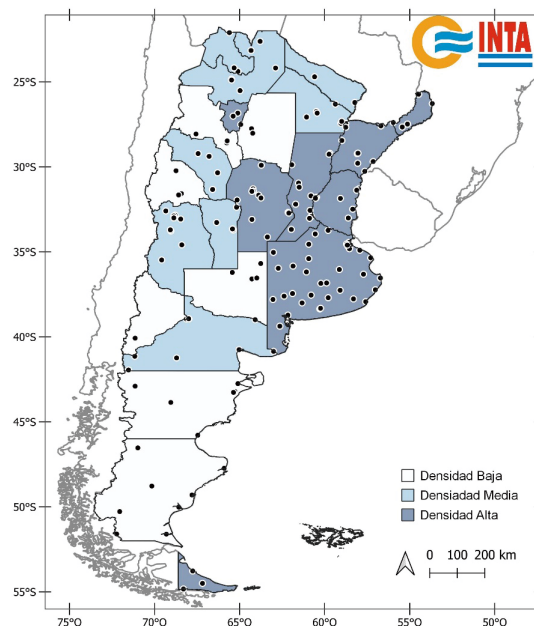


Figura 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas convencionales del SMN y el INTA, y densidad de estaciones por provincia (baja, media y alta).

variables atmosféricas relevantes. Estos datos se recopilan de diferentes fuentes, incluidos satélites, modelos climáticos y estaciones meteorológicas terrestres, y se procesan para ofrecer información detallada y actualizada. NASA POWER utiliza la información proveniente del modelo de asimilación MERRA-2, combinado con diversas fuentes de datos como: (1) observaciones de la superficie terrestre; (2) observaciones de la superficie del océano: presión del nivel del mar y vientos; (3) vientos a nivel del mar deducidos de la información provista por radares espaciales; (4) datos convencionales de la atmósfera superior desde radiosondas; (5) fuentes adicionales de datos en altitud medidos desde globos piloto y aeronaves; y (6) información de sensores remotos (NASA Power Project, 2023). El producto final obtenido luego de la aplicación de diversos procesos posee una resolución de 0,5°, y se puede acceder a la información del período 1979 al presente (Tabla 1).

Las variables meteorológicas utilizadas para la plataforma CIAg son: temperatura mínima a 2 m (°C), temperatura máxima a 2 m (°C), temperatura media a 2 m (°C), precipitación (mm), presión de vapor (hPa), flujo radiación solar ($J m^{-2} dia^{-1}$), velocidad de viento a 10 m ($m s^{-1}$).

AgERA5

El producto AgERA5 proporciona información agrometeorológica diaria, disponible desde el año 1979 al presente, con una resolución espacial de 0,1°. Los datos son procesados a partir de la quinta generación de reanálisis de datos climáticos globales del Centro Europeo de Previsión Meteorológica a Mediano Plazo (ECMWF, por sus siglas en inglés), conocido como ERA5, que utiliza métodos avanzados de modelado y asimilación de datos provenientes de diversas fuentes de información, como aquellos medidos en superficie y altura, y los estimados por sensores remotos. AgERA5 es realizado aplicando correcciones topográficas y métodos de interpolación a los datos originales del modelo ERA5, con el objetivo de mejorar la resolución espacial (Hersbach et al., 2020).

Las variables meteorológicas del modelo AgERA5 que se encuentran disponibles en el CIAg son: temperatura mínima a 2 m (°C), temperatura máxima a 2 m (°C), precipitación (mm), presión de vapor (hPa), flujo radiación solar ($J m^{-2} dia^{-1}$), velocidad de viento a 10 m ($m s^{-1}$).

CHIRP-CHIRPs

La Precipitación Infrarroja del Grupo de Amenazas Climáticas y el producto combinado de precipitación con observaciones pluviométricas (CHIRP y CHIRPs, por sus siglas en inglés), representa un set de datos de precipitación casi global (50°S-50°N) disponible desde el año 1981 a la actualidad, en diferentes escalas de tiempo: diaria, pentadal y mensual. El set de datos CHIRP, surge de la combinación de series climáticas (CHP-clim), calibradas a nivel local con información satelital. CHIRPS, adiciona la información pluviométrica diaria a nivel global, siendo integrados a partir de métodos sofisticados de interpolación, en cuadrículas de 0,05° de resolución espacial (Funk *et al.*, 2015). Debido a la mayor complejidad que posee la información CHIRPS, se encuentra disponible con una latencia bimestral, mientras que el producto CHIRP puede consultarse en tiempo casi real (3-5 días). En el sistema de base de datos se encuentra disponible la información diaria de ambos productos, con una resolución de 0,05°.

CPC Climate Prediction Center

Además se empleó el conjunto de datos que forma parte de los productos del Proyecto de Precipitación Unificada del Centro de Predicción Climática (CPC, por sus siglas en inglés), de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés). Este producto pretende brindar un conjunto de datos con la mayor precisión cuantitativa, a partir de las mediciones en superficie, consistidas mediante un análisis de calidad con registros históricos, modelos numéricos de pronóstico y estimaciones satelitales. Los datos son interpolados a una grilla de 0.5°, para crear campos de datos diarios teniendo en cuenta los efectos orográficos (Chen *et al.*, 2008). La información se encuentra disponible desde el año 1979 hasta la actualidad, y cuenta con dos componentes, una versión retrospectiva (RETRO) que abarca el período 1979-2005, que reúne la información de más de 30.000 estaciones meteorológicas, y una versión en tiempo real desde el 2006 al presente, que cuenta con los datos de 17.000 estaciones.

IMERG

El producto IMERG (Integrated Multi-satellitE Retrievals for Global Precipitation Measurement), desarrollado por la NASA, surge de la fusión de

todas las estimaciones de precipitación de satélites de microondas e infrarrojas. El algoritmo se ejecuta varias veces para cada tiempo de observación, dando como resultado una estimación rápida (Early Run- ER), una versión posterior que incluye mayor cantidad de datos (Late Run- LR), y por último una versión que incorpora correcciones mensuales con datos pluviométricos (Final Run, FR). A medida que aumenta el nivel de complejidad de cada producto, también aumenta la latencia de su disponibilidad (Huffman *et al.*, 2019).

Los datos IMERG-LR se encuentran disponibles en la base de datos, desde el año 2000 a la actualidad con una frecuencia de actualización de aproximadamente 14h. El dato diario representa la precipitación acumulada desde las 9 hora oficial argentina (HOA) hasta las 9 HOA del día posterior.

Base de datos

Para organizar la base de datos se descargaron y almacenaron datos históricos en PostgreSQL, implementando también la descarga casi en tiempo real de datos actuales mediante automatización, utilizando Python y R como entornos de programación (Figura 3, cuadro azul). De PostgreSQL se utilizó la extensión espacial Postgis para gestionar información georreferenciada tanto raster como vectorial (Martínez Llarío, 2018). Los datos abarcaron una variedad de fuentes, incluyendo CHIRP, CHIRPS, CPC, AgERA5 como raster y NASA POWER, SMN e INTA como vectorial.

El sistema de gestión de base datos (DBMS)

se organizó con esquemas, tablas, índices, restricciones y vistas (ver Figura 3, cuadro verde). A través de SQL y R, se aprovechó el DBMS para generar un Atlas a partir de datos agroclimáticos. Asimismo, la página web emplea consultas SQL y Python para generar mapas y series temporales basadas en la información del DBMS (ver Figura 3, cuadro naranja).

Página web

La presentación de los productos desarrollados fue programada mediante una página web, en la cual el front-end fue realizado con los lenguajes de HTML5, Css5, JavaScript y la biblioteca multiplataforma Bootstrap5 y el back-end fue desarrollado con Python en el framework web Flask. La misma se encuentra alojada en un servidor perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires y conectada mediante Python a la base de datos del CIAg, lo que permite a los usuarios realizar consultas para visualizar gráficos y mapas actualizados en tiempo real.

La estructura de la página (Figura 4) está organizada con los enlaces: Productos, donde se encuentra toda la información agrometeorológica y agroclimática; EMA-FAUBA, da acceso a los datos de la Estación Meteorológica Automática de la Facultad de Agronomía (EMA-FAUBA) actualizados de forma horaria; Educación, que cuenta con programas creados por docentes de la CCyFA con fines educativos, como el modelo BHOA versión estudiantil (Fernández Long *et al.*,

Tabla 1. Resumen de los Productos Satelitales y Modelos Globales

	NASA POWER	AgERA5	CHIRP	CHIRPS	CPC	IMERG LR
Fuente de Datos	Modelo Global (MERRA2), estimaciones satelitales, datos de superficie.	Modelo Global (ERA5), estimaciones satelitales, datos de superficie.	Datos climatológicos, estimaciones satelitales	Datos climatológicos, estimaciones satelitales, datos de superficie.	Datos climatológicos, estimaciones satelitales, datos de superficie.	Estimaciones Satelitales de Microondas e Infrarrojo
Resolución Espacial	0.5°	0.1°	0.05°	0.05°	0.5°	0.1 °
Resolución Temporal	Diario	Diario	Diario	Diario	Diario	Diario
Periodo	1979 - presente	1979 - presente	1981 - presente	1981 - presente	1979 - 2022	2001-presente
Latencia de actualización	2 días	8 días	2 – 5 días	1 - 2 meses	2 días	14 horas
Variables Meteorológicas	PP, Radiación, T máxima, T mínima, Tmedia, HR, Presión, Viento	T mínima, T máxima, PP, Presión de vapor, Radiación, Viento	PP	PP	PP, T máxima, Tmínima	PP

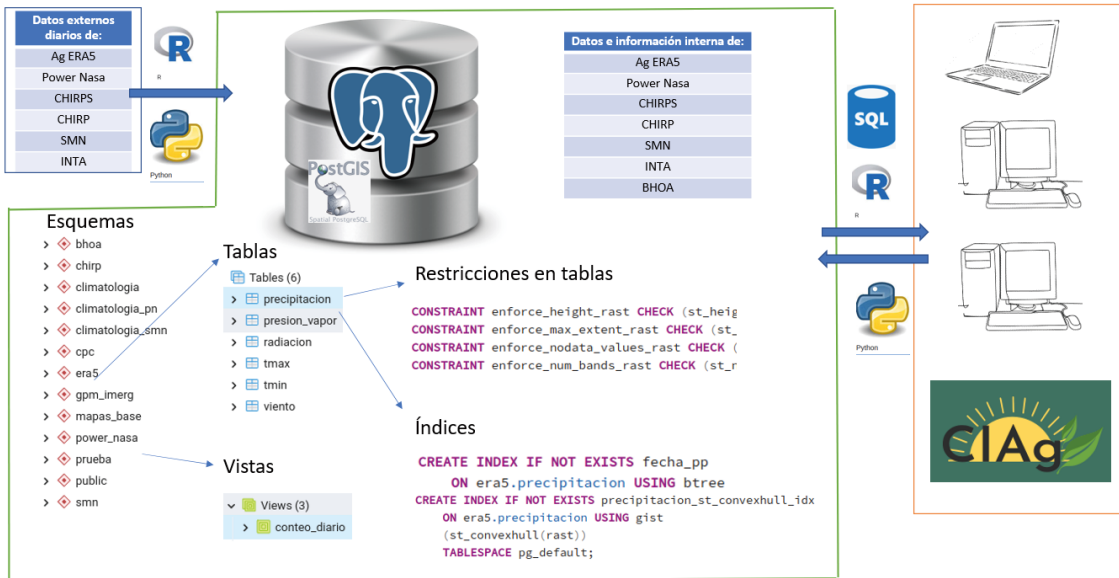


Figura 3. Diagrama de la base de datos CIAg. Cuadro azul: datos externos que ingresan a la base. Cuadro verde: base de datos con sus componentes. Cuadro naranja: usuarios. Las flechas azules representan los flujos de datos/información con los lenguajes de programación que se utilizan.



Figura 4. Página de Inicio del Centro de Información Agroclimática y Ambiental (<https://ciag.agro.uba.ar/>).

2012), la planilla VarAst 3.2 (Fernández Long *et al.*, 2015), el software “Agrometeorología” (Hurtado *et al.*, 2007); y Publicaciones, que contiene una lista de los últimos trabajos publicados por los docentes de la CCyFA.

El enlace Productos contiene lo más relevante del CIAg que es la información de las distintas variables calculadas. Ésta se organizó en tres secciones principales, Pasado (Figura 5), en donde se presenta la climatología de las variables agroclimáticas (promedios históricos del periodo 1991-2020); Presente (Figura 6), con información diaria, ya sea en tiempo real o

para un día en particular a partir desde el año 2000 hasta la actualidad, de diversas variables agrometeorológicas; y Futuro (Figura 7), donde se pueden consultar pronósticos a corto, mediano y largo plazo y proyecciones climáticas. Por el momento estos pronósticos no son generados en este proyecto, son enlaces que redirigen al usuario a las páginas web de los centros o instituciones que los realizan.

En la sección productos pasado se encuentra, en primer lugar, el Atlas Agroclimático Interactivo (Figura 5.a) realizado a partir de los datos disponibles de cada fuente de información para

el período 1991-2020. Se calcularon las siguientes variables agroclimáticas: Evapotranspiración Potencial, a partir de la ecuación de Penman-Monteith FAO (Allen *et al.*, 1998); (Radiación Global, mediante la ecuación de Ångström (1924); Humedad Relativa, a partir de la ecuación de Clausius-Clapeyron (Iribarne y Godson, 1996), y Agua Útil, Evapotranspiración Real, Déficit y Excesos, calculadas a partir del modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA) (Fernández Long *et al.*, 2012); en diversas escalas temporales (mensual, trimestral, semestral, anual). Además, se calcularon los valores medios de otras variables climáticas como Temperatura máxima media, Temperatura mínima media, Temperatura máxima absoluta y Temperatura mínima absoluta (Tabla 2).

Para la construcción de los mapas que se visualizan en el atlas interactivo se realizaron consultas al DBMS en lenguaje SQL, mediante las cuales se calcularon las medias anuales, mensuales, trimestrales y semestrales, dependiendo de cada variable y luego se realizaron los mapas utilizando el software QGIS. En el caso de los datos provenientes del SMN, se aplicó un filtro para seleccionar estaciones meteorológicas operativas por más de 25 años y meses con menos de 5 datos faltantes. Además, se

realizó una interpolación con el método “lineal no sesgado” (Ordinary Kriging) incluido en el software SAGA GIS. La interpolación obtenida se exportó en formato raster (.tiff). Posteriormente, con el programa QGIS, se vectorizaron esos rasters y los polígonos resultantes fueron cargados en el atlas interactivo en formato geojson. Como resultado, el atlas permite al usuario descargar las capas de todas las variables disponibles en formato geojson, y en breve estarán también disponibles como imagen en formato jpg.

De esta manera se actualizó el anterior Atlas Agroclimático (en versión impresa) para el período 1971-2000 (Murphy *et al.*, 2008) y disponible también en la página web del CIAg (Figura 5.e). En breve se publicará también el Atlas Agroclimático para el período 1981-2010 (Figura 5.d).

En segundo lugar, se generaron gráficos interactivos de probabilidad acumulada (Figura 5.b) de heladas tempranas y tardías y golpes de calor para cada estación meteorológica de la red de estaciones del SMN. Se emplearon cuatro umbrales de temperatura: $\leq 3^{\circ}\text{C}$ (leve), $\leq 0^{\circ}\text{C}$ (moderada), $\leq -3^{\circ}\text{C}$ (severa) y $\leq -5^{\circ}\text{C}$ (extrema); y cuatro umbrales para golpes de calor: $\geq 30^{\circ}\text{C}$ (leve), $\geq 32^{\circ}\text{C}$ (moderado), $\geq 35^{\circ}\text{C}$ (severo) y $\geq 37^{\circ}\text{C}$ (extremo).



Figura 5. Estructura de la página web del CIAg, sección PASADO.

Tabla 2. Listado de variables agroclimáticas disponibles en el atlas interactivo. Las variables que presentan un asterisco (*) en la fuente de datos, fueron calculadas a partir de distintas ecuaciones y modelos.

Variable	Unidad	Fuentes de datos	Período de cálculo
Precipitación	mm	SMN, AgERA5, NASA POWER, CHIRPS y CPC	Media anual, media mensual, semestral y trimestral
Evapotranspiración Potencial (FAO)	mm	SMN* y NASA POWER*	Media anual y media mensual
Temperaturas media, máxima y mínima	°C	SMN, AgERA5 y NASA POWER	Media anual y media mensual
Radiación Global	MJ m ⁻² día ⁻¹	SMN*, AgERA5 y NASA POWER	Media anual y media mensual
Heliofanía efectiva	horas	SMN	Media anual y media mensual
Humedad relativa	%	SMN* y NASA POWER	Media anual y media mensual
Déficit de Presión de Vapor (DPV)	hPa	SMN, AgERA5 y NASA POWER	Media anual y media mensual
Tensión de vapor	hPa	SMN, AgERA5 y NASA POWER	Media anual y media mensual
Agua útil (BHOA)	%	SMN* y NASA POWER*	Media anual y media mensual
Evapotranspiración Real (BHOA)	mm	SMN* y NASA POWER*	Media anual y media mensual
Déficits (BHOA)	mm	SMN* y NASA POWER*	Media anual y media mensual
Excesos (BHOA)	mm	SMN* y NASA POWER*	Media anual y media mensual
Heliofanía Astronómica	horas	Programa VarAst	Mensual (día 21 de cada mes)
Fotoperíodo	horas	Programa VarAst	Mensual (día 21 de cada mes)
Radiación Astronómica	MJ m ⁻² día ⁻¹	Programa VarAst	Mensual (día 21 de cada mes)

En tercer lugar, se calcularon las marchas anuales de distintas variables astronómicas, a saber, Heliofanía Astronómica, Fotoperíodo y Radiación Astronómica (Figura 5.c). Los cálculos fueron realizados usando la planilla de cálculo VarAst, desarrollada por Fernández Long *et al.* (2015), para cada estación meteorológica del SMN. En los gráficos se presenta también la heliofanía efectiva y la radiación global, calculada de la misma manera que en el atlas de la sección pasado.

Por último, se presentan en esta sección dos enlaces que remiten: 1) al portal de heladas (Figura 5.f) desarrollado por Fernández Long *et al.* (2016) con información de fechas medias de primera y última helada, período medio con heladas, frecuencia de días con helada, para heladas meteorológicas (Temperaturas menores o iguales a 0°C) y agrometeorológicas (3°C); 2) al

portal “ANEMOI” (Figura 5.g), este sitio contiene la caracterización de la intensidad y dirección del viento en Argentina y su variación espacial y temporal con datos observados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y datos satelitales de NASA POWER (Lugaro, 2022).

En la sección denominada Presente (Figura 6) se encuentra en primer lugar, información diaria de las variables agrometeorológicas calculadas (Tabla 3) desde el 1/1/2000 a la fecha en formato de mapas (Figura 6.a) que pueden ser descargados en formato .tif y así manipular la información a través de cualquier Sistema de Información Geográfica.

En segundo lugar, en la sección Series temporales (Figura 6.b) se pueden visualizar, para cada estación meteorológica, gráficos de series temporales de almacenaje de agua del suelo (diario), evapotranspiración potencial (acumulada mensual), evapotranspiración real (acumulado

Tabla 3. Listado de variables disponibles en la sección Presente/ Variables agrometeorológicas.

Variable	Unidad	Fuentes de datos
Agua útil	%	SMN y NASA POWER
Anomalía estandarizada de humedad del suelo (AEHS)	-	SMN
Precipitación acumulada (últimos 30 días)	mm	SMN y NASA POWER
Precipitación acumulada (últimos 7 días)	mm	SMN y NASA POWER
Número de días con precipitación (últimos 30 días)	mm	SMN y NASA POWER
Temperatura mínima absoluta (últimos 30 días)	°C	SMN y NASA POWER
Temperatura máxima absoluta (últimos 30 días)	°C	SMN y NASA POWER
Número de días con temperatura menor a 3 (últimos 30 días)	n° días	SMN y NASA POWER
Número de días con temperatura mayor a 30 (últimos 30 días)	n° días	SMN y NASA POWER
Heladas	°C	SMN y NASA POWER
índice de Temperatura y Humedad	-	SMN



Figura 6. Estructura de la página web del CIAg, sección PRESENTE, que contiene mapas y gráficos con información diaria desde el 1/1/2000.

mensual) y precipitación (acumulado mensual). Además, están disponibles los cuatro percentiles (5, 20, 80 y 95) para el período 1991-2020, (Figura 7). Debido a la baja densidad de estaciones meteorológicas se presenta en esta sección la posibilidad de realizar los mismos gráficos antes descriptos, pero para cualquier punto de la Argentina. Para ello se utilizan los datos del proyecto NASA-POWER. Esta sección cuenta con la posibilidad de descarga de los gráficos generados en formato .jpg y los datos de las series temporales de NASA POWER en formato .csv.

En la sección Monitoreo de Sequías (Figura 6.c) se presentan mapas con diferentes índices: Índice de Sequía BHOA calculado con estaciones de superficie (ISBe), Índice Estandarizado de los Déficit (SEDI) para 1, 3, 6 y 12 meses, e Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) 1, 3, 6 y 12 meses (para mayor información de estos índices ver “Metadatos” (https://ciag.agro.uba.ar/static/documentos/metadatos_CIAg.pdf)). Estos mapas están disponibles a partir del 1/2/2023.

Asimismo, se pueden consultar los informes de sequías elaborados por la Mesa Nacional de Monitoreo de Sequías (Figura 6.d). La CCyFA participa, desde la creación de la Mesa, en las reuniones para la confección de los informes que

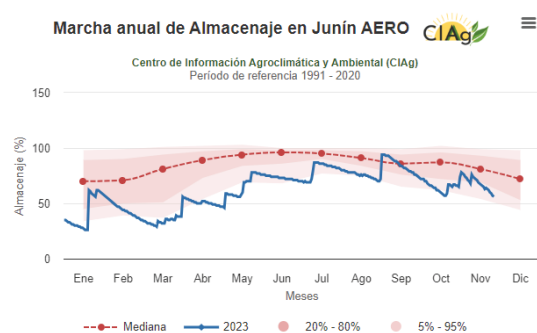


Figura 7. Ejemplo de gráfico de Series temporales con datos observados.

luego son difundidos por las distintas instituciones. En este enlace se puede acceder a los informes realizados desde agosto de 2020. Además, la CCyFA realiza todos los meses seminarios sobre la Tendencia Climática Trimestral basados en las reuniones realizadas por el Servicio Meteorológico Nacional. En estos seminarios se presenta un resumen de lo ocurrido en el último mes y lo que se espera para el próximo trimestre. Los videos se encuentran disponibles en la página de YouTube de la Cátedra a través del enlace de la figura 6.e.

Por último, en esta sección se encuentra un

enlace a las últimas imágenes de radares (Figura 6.f) y a las imágenes satelitales (Figura 6.g) del Servicio Meteorológico Nacional.

En la sección productos Futuro, se presentan enlaces a distintos productos de diferentes instituciones. La subsección Pronósticos Meteorológicos, refiere a los pronósticos de corto plazo generados con diferentes modelos y resoluciones. En la subsección Pronósticos Trimestrales, se presentan pronósticos para los próximos meses, con enlaces al pronóstico del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) elaborado por El Bureau de Australia (Figura 8.c) y al pronóstico trimestral elaborado por el Servicio Meteorológico Nacional (Figura 8.d). Por último, la subsección "Proyecciones Climáticas", con información para los próximos años y hasta el próximo siglo, presenta acceso al Atlas Interactivo (Figura 8.e) y al Informe Regional de los cambios proyectados en las principales variables atmosféricas elaborados por el IPCC (Figura 8.f).

El Centro de Información Agroclimática y Ambiental representa una herramienta de gran

valor para distintos sectores de la sociedad ya que, mediante un portal web de fácil acceso, pone a disposición del usuario fuentes de datos que, en algunos casos, no se encuentran en plataformas conocidas y accesibles. La inclusión de secciones dedicadas al pasado, presente y futuro agroclimático y agrometeorológico proporciona una perspectiva completa y actualizada para los usuarios. En dichas secciones los usuarios pueden visualizar la información en forma de mapas o gráficos, que se construyeron a partir de datos de superficie, de sensores remotos o la combinación de ambos. Dado que la precisión de cada fuente varía entre regiones, épocas del año o variable analizada, el usuario puede consultarlas en el mismo sitio y percibir la concordancia entre las distintas fuentes.

Por último, una gran fortaleza de este proyecto radica en que, al haber sido desarrollado por los integrantes de la CCyFA, facilita el crecimiento y actualización de la página a partir de la interacción con los usuarios, tanto en sugerencias para mejoras en la interfaz de navegación como en el desarrollo de nuevos productos; y también en la



Figura 8. Estructura de la página web del CIAG, sección FUTURO.

diversidad de fuentes utilizadas para generar la información que se ofrece. Actualmente, hay dos Tesis de Maestría en curso de integrantes de este proyecto que se encuentran realizando un análisis integral de la calidad y precisión de cada una de las fuentes, frente a datos de superficie.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Servicio Meteorológico Nacional y al INTA por los datos meteorológicos brindados. Este trabajo fue financiado por el proyecto PIDAE 2022. Proyectos de Investigación y Desarrollo en Áreas Estratégicas con Impacto Social (Res. CS N° RESCS-2022-282-E-UBA-REC)

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. G.; L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. Rome.
- Ångström, A., 1924. Solar and terrestrial radiation. Report to the international commission of solar research on actinometric investigations of solar and atmospheric radiation. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 50:121–126.
- Centro Europeo De Previsiones Meteorológicas A Plazo Medio, 2023. ECMWF. Disponible en: <https://confluence.ecmwf.int/pages/viewpage.action?pagelD=278550984>. Consultado el 30/03/2023.
- Chen, M. and P. Xie, 2008. CPC Unified Gauge-based Analysis of Global Daily Precipitation, Western Pacific Geophysics Meeting, Cairns, Australia, 29 July - 1 August, 2008.
- Fernandez Long, M.E.; L.B. Spescha, I. Barnatán y G. Murphy, 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). *Rev. Agronomía & Ambiente* 32(1-2):31–47. FA-UBA, Buenos Aires, Argentina.
- Fernández Long, M.E.; R.H. Hurtado y L. Spescha, 2015. Planilla de cálculo de variables astronómicas (VARAST 1.0). *Rev. Agronomía & Ambiente* 35(2): 171–177. FA-UBA, Buenos Aires, Argentina.
- Funk, C.; P. Peterson, M. Landsfeld et al., 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Sci Data* 2:150066. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.6>
- Hersbach, H.; B. Bell, P. Berrisford et al., 2020. The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.* 146:1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- Huffman, G.J.; D.T. Bolvin, K.H. Dan Braithwaite, R. Joyce, C. Kidd, E.J. Nelkin, S. Sorooshian, J. Tan and P. Xie, 2019. NASA Global Precipitation Measurement (GPM). Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG). Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). Version 06.
- Iribarne, J.V. y W.L. Godson, 1996. Sistemas compuestos de aire y agua. pp 71-105. En Iribarne, J.V. y W. L. Godson (Eds.): *Termodinámica de la atmósfera*. Cuarta edición. Editorial Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio del Medio Ambiente.
- Martínez Llarío, J.C., 2018. PostGIS 2: Análisis Espacial Avanzado (2a ed.). CreateSpace Independent.
- Murphy, G.M.; R.H. Hurtado, M.E. Fernández Long y L. Spescha, 2008. Atlas Agroclimático de la Argentina. Editorial Facultad de Agronomía. ISBN: 9789502910666.
- NASA Power Project, 2023. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/>. Consultado el 30/03/2023.
- Pérez-Franco, I.; E.O. Thomasz, G. Rondinone and A. García-García, 2022. Feed price risk management for sheep production in Spain: A composite future cross-hedging strategy. *Risk Management* 24(2):137–163. doi:10.1057/s41283-021-00088-1
- Podestá, G.P.; C.E. Natenzon, C. Hidalgo and F. Ruiz Toranzo, 2013. Interdisciplinary production of knowledge with participation of stakeholders: A case study of a collaborative project on climate variability, human decisions, and agricultural ecosystems in the Argentine pampas. *Environmental Science and Policy* 26:40–48. doi:10.1016/j.envsci.2012.07.008.
- Seydou, T.H.; A. Agali, S. Aissatou, T.B. Seydou, L. Issaka and B.M. Ibrahim, 2023. Evaluation of the Impact of Seasonal Agroclimatic Information Used for Early Warning and Farmer Communities' Vulnerability Reduction in Southwestern Niger. *Climate* 2023 11:31. <https://doi.org/10.3390/cli11020031>.
- Thomasz, E.O.; K. Corfield, A.S. Vilker and M. Osman, 2023. Forecasting soybean production to enhance climate services for agriculture in Argentina. *Climate Services* 30. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100341>
- Thomasz, E.O.; A.S. Vilker and G. Rondinone, 2019. The economic cost of extreme and severe droughts in soybean production in Argentina. *Contaduría y Administración* 64. doi:10.22201/fca.24488410e.2018.1422
- Thom, E.C., 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2): 57-59.