

## AVANCES EN EL PROGRAMA DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO: ANÁLISIS DE ESTACIONES DE LA PLATA EN FORMA NO PRESENCIAL

Andrade Macias Foti, Paula<sup>1</sup>; Caruso, Iara S.<sup>1</sup>; Andrada Frau, Federico<sup>2</sup>; Espil Nosa, Francisco<sup>2</sup>; Garat, Fermín I.<sup>2</sup>; y Bianchi, Guillermo J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alumnas de PPS de la carrera de Ingeniería Hidráulica, FI-UNLP

<sup>2</sup> Becarios Alumnos del Grupo InfoMET - UIDET Hidrología - Dto. Hidráulica, FI-UNLP

<sup>3</sup> Coordinador Grupo InfoMET - UIDET Hidrología - Dto. Hidráulica, FI-UNLP

UIDET Hidrología, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, UNLP Calle 47 N° 200, Piso 1, Oficina 3, La Plata - Tel. 0221-427-5223

[contacto.infomet@gmail.com](mailto:contacto.infomet@gmail.com) ; [guillermo.bianchi@ing.unlp.edu.ar](mailto:guillermo.bianchi@ing.unlp.edu.ar)

Palabras clave: PPS, precipitaciones, red hidrometeorológica, La Plata

### INTRODUCCIÓN

El trabajo describe experiencias y avances científico-tecnológicos resultantes de las actividades desarrolladas por dos alumnas, en el marco de la Práctica Profesional Supervisada (PPS). Las tareas se realizaron en el segundo semestre del año 2020 bajo la supervisión del grupo InfoMET, perteneciente a la UIDET del área Hidrología de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.

El trabajo fue realizado enteramente bajo la modalidad virtual, teniendo como objetivo general dar continuidad a los desarrollos antecedentes del grupo [Ref.1] [Ref.3] y en particular abordar nuevas conclusiones en el análisis de las estaciones existentes en la región de La Plata y sus alrededores relacionado con su problemática hídrica [Ref. 2]. Como experiencia de PPS, permitió la apropiación de conocimientos adquiridos en diagnósticos preliminares sobre la problemática de las redes de medición y al mismo tiempo proyectar nuevas conclusiones en la investigación.

En esta etapa se presenta un diagnóstico preliminar sobre la problemática de la red de medición, su manejo y operatividad. Se analizó un total de 13 estaciones de la región, enfocándonos en su ubicación, sensibilidad e intervalos de tiempos de medición y periodos de análisis de las diferentes variables meteorológicas. Las actividades comprendieron: 1) completamiento de los datos faltantes en las mediciones de la estación meteorológica ubicada en la Facultad de Ingeniería, en base a distintos criterios; 2) determinación de la intermitencia en el funcionamiento de las estaciones empleadas para la actividad de completamiento de datos y 3) relevamiento y análisis cualitativo de la totalidad de las estaciones ubicadas en la ciudad de La Plata.

### DESARROLLO Y DISCUSIÓN

#### 1. Completamiento de los datos faltantes

El grupo InfoMET cuenta con una Estación Meteorológica Automática (EMA) marca Davis, modelo Vantage Pro 2. La misma está equipada con un pluviógrafo de cangilones, anemómetro, y sensores de temperatura, humedad, radiación y presión. Está ubicada en la terraza del Departamento de Hidráulica de la Facultad, a una altura aproximada de 2 metros sobre la superficie de la terraza, y a una altura total de aproximadamente 10 metros sobre el nivel del terreno natural.

Por diversos motivos, existen períodos con datos faltantes del registro de esta estación. Estos motivos pueden ser: problemas de software, mantenimiento, falta de memoria de almacenamiento, falla del registrador de datos, falla en la batería, falla en la transmisión, entre otros. Debido al contexto de pandemia producto del virus COVID-19 iniciada en el año 2020, resultó más complejo realizar el seguimiento de la estación y solucionar las fallas que se producían.

El período a completar en este trabajo comprende los días 19 de marzo al 2 de abril del año 2020. El completamiento se realizó tomando como información base algunas de las estaciones meteorológicas ubicadas en puntos cercanos, mediante la metodología de *completamiento por promedios*. Se empleó un intervalo de tiempo de 5 minutos y se analizaron las variables precipitación acumulada, humedad relativa, presión atmosférica, radiación solar y temperatura.

Para llevar a cabo el relleno de información faltante, se empleó la plataforma Weather Underground [Ref. 5] que recopila en una página web la información meteorológica de estaciones de todo el mundo. Es un portal donde cualquier usuario que disponga de una estación meteorológica puede compartir los datos registrados, en tiempo real. Estas estaciones meteorológicas automáticas (EMA, en adelante) es una versión automatizada de las tradicionales estaciones meteorológicas sinópticas manuales, las cuales deben contar con un operador que recopile las diferentes lecturas a intervalos de tiempo definidos.

Las estaciones que se consideraron para la estimación de los datos faltantes fueron: EMA de la Facultad de Informática de la UNLP (ubicada en calle 50 y Av. 120); EMA CK Bosque La Plata (ubicada en calle 57 entre 1 y 2); EMA Parque Castelli (ubicada en calle 65 entre 21 y 22); EMA particular CASA (ubicada en calle 528 bis entre 1 y 2). La estación de la Facultad de Informática es operada por el Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas (LINTI), mientras que las demás estaciones pertenecen a operarios particulares.

En la figura 1 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones existentes en el Partido de La Plata y la ubicación relativa a la estación EMA InfoMET; en verde las EMAs utilizadas para el completamiento y en blanco las analizadas en la etapa 3. A su vez, en línea verde se delimita la cuenca Arroyo del Gato, en rojo la cuenca del Arroyo Jardín Zoológico, en violeta la cuenca del Arroyo Maldonado, y en naranja la cuenca del Arroyo Circunvalación.

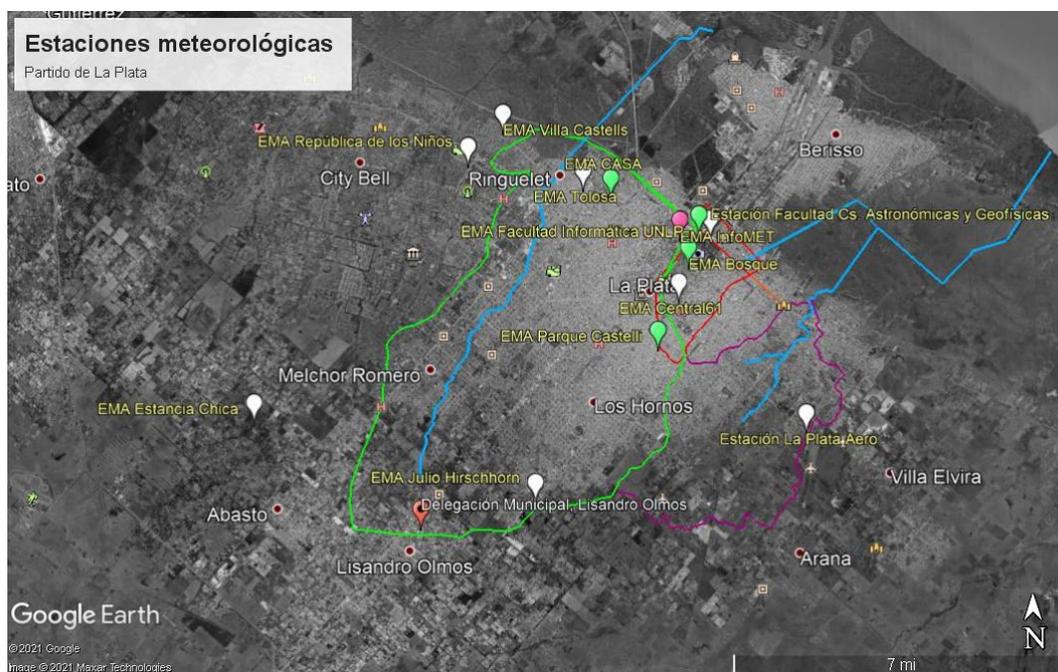


Figura 1: Distribución geográfica de las estaciones meteorológicas - Fuente: Elaboración propia

Como paso previo al completamiento, se evaluó la confiabilidad de las mediciones proporcionadas por las estaciones, para no tomar como parámetro un dato no representativo del verdadero (proveniente de fallas en la estación, por ejemplo).

Por otra parte, al estar incompletos los registros de algunas variables de las estaciones de referencia, no siempre se realizó el promedio entre todas ellas. Cuando los intervalos faltantes de alguna estación superaban los 5 minutos, se promediaron solo los datos de las estaciones

que contaban con la medición. En el caso de no tener medición en ninguna estación y siendo el intervalo faltante de pequeña magnitud (menos de 15 minutos), se promedió con el dato anterior y posterior al valor faltante.

Para cada variable se tuvieron distintas consideraciones. En el caso de la Presión, las mediciones de cada estación seguían una misma variación durante el día, pero con distinta ordenada al origen dependiendo de la ubicación de la estación. Por lo tanto, se tomó como referencia para el completamiento la medición de la estación más cercana a la estación EMA InfoMET, que corresponde a la EMA de la Facultad de Informática de la UNLP.

Al completar los datos de Precipitación acumulada se le dio más peso al registro de las estaciones más cercanas (EMA de la Facultad de Informática de la UNLP y EMA CK Bosque La Plata), debido a la variabilidad espacial que pueden tener las tormentas. Por lo tanto, se promediaron las mediciones de estas dos estaciones mencionadas.

En cuanto al registro de la Radiación solar, el criterio fue similar al de la Precipitación acumulada, debido a la posible presencia de nubes en la zona y su desarrollo (por los vientos), que influye de forma directa en la medición de la radiación.

En las figuras 2 a 6, se presenta la evolución diaria de las distintas variables obtenidas de la plataforma Weather Underground, así como el resultado del completamiento de la estación EMA InfoMET, para el día 19 de marzo de 2020.

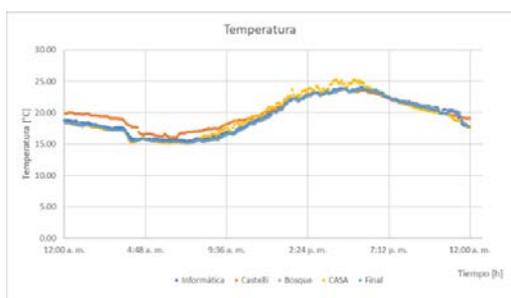


Figura 2: Evolución diaria de temperatura - Fuente: Elaboración propia

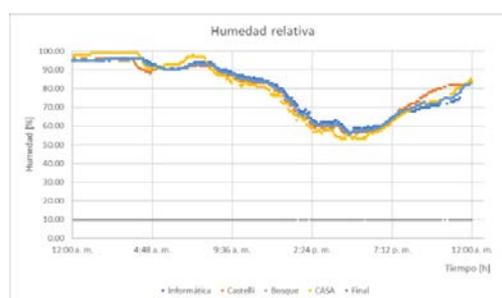


Figura 3: Evolución diaria de humedad relativa - Fuente: Elaboración propia

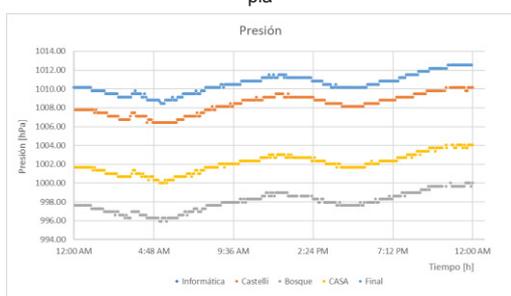


Figura 4: Evolución diaria de presión - Fuente: Elaboración propia

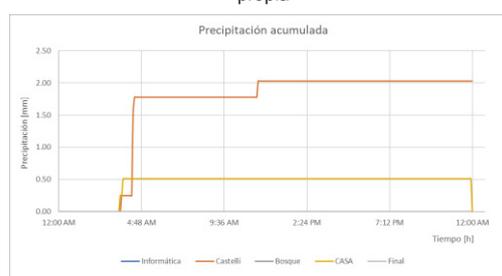


Figura 5: Evolución diaria de precipitación acumulada - Fuente: Elaboración propia

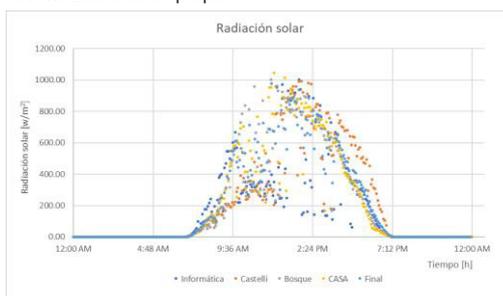


Figura 6: Evolución diaria de radiación solar - Fuente: Elaboración propia

## 2. Análisis del funcionamiento de las estaciones elegidas

En esta etapa se evaluó en particular si la estación registró medición de las distintas variables, y si esta medición es representativa de la realidad. La estación se considera confiable si la intermitencia no es 'Muy alta' a lo largo de su funcionamiento, y si sus mediciones son coherentes.

Para evaluar la confiabilidad, se calificó cualitativamente la intermitencia de cada estación en base al funcionamiento desde el inicio de su operación. Para esto, se analizó en forma mensual la medición de cada estación de las distintas variables, cuantificando los días sin datos. Se definió así una escala de valores para determinar la calidad de la intermitencia de cada mes en base a la cantidad de días sin datos, que se presenta en la siguiente figura:

Días de intermitencia	0	1 a 5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	más de 20
Grado de intermitencia	Nula	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Escala	0	1	2	3	4	5

Tabla 1 - Escala de valoración de intermitencia Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra una tabla que resume los períodos de funcionamiento de las cuatro estaciones de análisis, en función de la valoración de intermitencia de la Tabla 1.

Estación meteorológica	Período de funcionamiento																																			
	2015												2016												2017											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
EMA Facultad de Informática - UNLP																																				
EMA CK Bosque La Plata																																				
EMA Parque Castelli																																				
EMA particular CASA																																				

Tabla 2 - Períodos de funcionamiento de las estaciones - Fuente: Elaboración propia

Con base en el análisis de intermitencia realizado, se concluye que la EMA de la Facultad de Informática de la UNLP es confiable, a pesar de que al comienzo de su puesta en operación haya tenido períodos de mayor intermitencia en sus mediciones, ya que en los últimos años la intermitencia se ha reducido en gran medida.

En cuanto a la EMA CK Bosque La Plata, se considera que es confiable en líneas generales dado que su período de mayor intermitencia está concentrado a fines del año 2017, mejorando para los años 2018 y 2019.

La EMA Parque Castelli ha tenido mayor proporción de intermitencia a lo largo de su funcionamiento, especialmente en las variables de Radiación solar, Precipitación y Presión. Su período más crítico fue entre los años 2017 y 2018, "mejorando" el registro en el año 2019. Por lo tanto, la estación se considera confiable.

Por último, a pesar de que la EMA particular CASA comienza a funcionar en el año 2019, la intermitencia es bastante baja, por lo que se considera que es confiable.

## 3. Relevamiento de las estaciones de la Ciudad de La Plata

En esta etapa se presenta la descripción cualitativa de las estaciones que se encuentran en funcionamiento para el año 2021, distribuidas en la Ciudad de La Plata. Se tomó como referencia para el área de estudio aquellas estaciones que se encuentren instaladas dentro de la cuenca del Arroyo Maldonado, la cuenca del Arroyo del Gato, la cuenca del Arroyo Circunvalación, y la cuenca del Arroyo Jardín Zoológico. Para su trazado, se consideraron como referencia las planchetas del IGN y el “Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada”, del Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP [Ref.2].

Las estaciones que se encuentran en funcionamiento se obtuvieron de la plataforma Weather Underground. Se relevaron además otras estaciones, cuyas mediciones no las recopila la plataforma mencionada, pero se emplazan en el área de estudio: Estación La Plata AERO [Ref. 6], la Estación de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas [Ref. 4], y EMA Julio Hirschhorn [Ref. 7]. En la figura 1 se representaron las estaciones meteorológicas, ubicadas en las cuencas en el mapa de la Ciudad de La Plata.

A continuación, se observa una tabla que resume las características de las estaciones meteorológicas mencionadas anteriormente, en la Ciudad de La Plata.

Estación Meteorológica	Ubicación	Cuenca	Ubicación en la cuenca	Altitud	Descripción del entorno	Hardware/Software	Variables medidas
EMA Facultad de Informática - UNLP	Calle 50 y Av. 120	Arroyo Jardín Zoológico	Parte baja	20 msnm/7 m sobre TN	La superficie de emplazamiento es urbana. Se encuentra en una zona linder a al bosque, con edificios alrededor. El sitio es poco transitado, y las calles circundantes son de pavimento.	Davis Vantage Pro 2 Plus (Wireless)/Weather Underground V1.15 PWS Dec 27 2007	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ]
EMA CK Bosque La Plata	Calle 1 entre 56 y 57 (particular)	Arroyo Jardín Zoológico	Parte media/baja	15 msnm/9 m sobre TN	La superficie de emplazamiento es urbana. Se encuentra en una zona céntrica, y a su lado hay un edificio de mayor altura, lo cual podría dificultar la medición de variables como el viento y la radiación solar.	SD/EasyWeatherV1.1.4	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], V [km/h], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ], PR [°C], IUUV
EMA Parque Castelli	Calle 65 entre 21 y 22 (particular)	Arroyo del Gato	Parte media	20 msnm/9 m sobre TN	La superficie de emplazamiento es urbana. La estación está rodeada de casas de mayor altura, con calles de pavimento. No se encuentra arbolada cercana.	Fine Offset WH1081/Custom+rlt_433	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], V [km/h], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ], PR [°C]
EMA particular CASA	Calle 528 bis entre 1 y 2 (particular)	Arroyo del Gato	Parte baja	12 msnm/9 m sobre TN	La superficie de emplazamiento es urbana. A su alrededor posee árboles cercanos, y no se observan edificios de gran altura cercanos. En frente hay una plaza, y las vías del tren al lado.	SD/EasyWeatherV1.3.1	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], V [km/h], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ], PR [°C], IUUV
EMA Tolosa	Calle 522 entre 4 y 5 (particular)	Arroyo del Gato	Parte baja	19 msnm/SD	La superficie de emplazamiento es urbana. No se observan muchos árboles ni edificios de gran altura en los alrededores de la estación.	SD/SD	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], V [km/h], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ], PR [°C], IUUV
EMA Central 61	Calle 61 entre 9 y 10 (particular)	Arroyo Jardín Zoológico	Parte alta	SD/7 m sobre TN	La superficie de emplazamiento es urbana. A su alrededor existen árboles y edificios de gran altura.	SD/EasyWeatherV1.4.6	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], V [km/h], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ], PR [°C], IUUV
EMA Villa Castells	Calle 499 entre 4 y 6 (particular)	-	-	SD/4 m sobre TN	La superficie de emplazamiento es suburbana. A su alrededor no se aprecian edificios de gran altura ni viviendas, y existen algunos árboles cercanos.	Clima Ambiental WS-2902/AMBWeatherV3.0.3	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], V [km/h], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ], PR [°C], IUUV
EMA Estancia Chica	Calle 498 y RP36	Arroyo de los Rodríguez	-	28 msnm/SD	La superficie de emplazamiento es suburbana. El predio es arbolado, sin casas ni edificios de gran altura en las cercanías de la estación.	Clima Ambiental WS-2902/SD	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], V [km/h], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ], PR [°C], IUUV
EMA República de los Niños	Calle 496 entre 15 bis y 16 (particular)	-	-	SD/3 m sobre TN	La superficie de emplazamiento es suburbana. Está en una zona arbolada, con casas de baja altura alrededor. Se encuentra frente a la República de los Niños.	SD/EasyWeatherV1.2.2	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], V [km/h], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ], PR [°C], IUUV
Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas	Av. 120 y calle 52	Arroyo Jardín Zoológico	Parte alta	SD/1.5 m sobre TN	La superficie de emplazamiento es urbana. Se encuentra en el Paseo del Bosque, con muchos árboles y pocos edificios a su alrededor.	Davis/SD	T [°C], P [hPa], H [%], PA [mm], V [km/h], RV [km/h], RS [W/m <sup>2</sup> ], PR [°C], IUUV, ST [°C]
Estación convencional La Plata AERO	Calle 610 y Av. 13	Arroyo Maldonado	Parte media	21 msnm/SD	La superficie de emplazamiento es suburbana. La estación está ubicada en una zona descampada, con árboles y casas bajas a su alrededor.	SD/SD	T [°C], P [hPa], PA [mm], V [km/h], Vis [m]
EMA experimental Julio Hirschhorn	Av. 66 y calle 167	Arroyo del Gato	Parte alta	25 msnm/SD	La superficie de emplazamiento es rural. La zona es arbolada, sin edificios de gran altura cerca y mucho espacio libre.	Davis Perception II/SD	T [°C], H [%], PA [mm], RS [W/m <sup>2</sup> ]

(\*) SD= Sin Datos.

(\*\*) T= Temperatura; P= Presión; H= Humedad; PA= Precipitación acumulada; RV= Ráfaga de viento; RS= Radiación solar; PR= Punto de rocío; IUUV= Índice UV; V= Viento; ST= Sensación térmica; Vis= Visibilidad.

## CONCLUSIONES

La presente experiencia de PPS mediante prácticas de teletrabajo ha sido exitosamente desarrollada pese a los inconvenientes que implica asumir un manejo a distancia de las redes de monitoreo hidrometeorológico.

Se han aplicado técnicas para detectar datos faltantes en una estación de la región de la Plata. Las comparativas de las variables temporales han permitido la detección de anomalías en los de sistemas de medición.

Mediante el análisis de la marcha de cada variable se extrajeron conclusiones, no solo en cuanto a la calidad de los datos, sino también del comportamiento integral de patrón hidrometeorológico registrado.

En el marco del trabajo a distancia, el relevamiento realizado de las estaciones permitió describir en forma cualitativa el emplazamiento y las características técnicas de cada una, logrando perfeccionar y anticipar una parte de los chequeos a campo futuros.

Se puede establecer preliminarmente que la información disponible es suficientemente variada pero no siempre confiable, ya que se trata de datos de estaciones que no están normalizadas ni homologadas de acuerdo con las exigencias mínimas de instalación y operación.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Jornadas ITE, (2017). **“Propuesta para la implementación de un programa de extensión aplicado al monitoreo hidrológico”** UIDET Hidrología. Bianchi G., Fernández, G., Garat, F., García, A.

[2] Departamento de Hidráulica, (2013). **“Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada”**. Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, UNLP. Bianchi. G., colaboración estudios hidrológicos, La Plata.

[3] Jornadas ITE, (2019). **“Evaluación de la representatividad espacial de las estaciones”** UIDET Hidrología. Fernández, G., Garat, F., García, A. Espil Nosa, F. y Bianchi G.

[4] Información meteorológica de la Estación Meteorológica Automática La Plata Observatorio. [https://www.fcaglp.unlp.edu.ar/informacion\\_meteorologica](https://www.fcaglp.unlp.edu.ar/informacion_meteorologica).

[5] Pronóstico Local de Weather Underground. <https://www.wunderground.com>.

[6] Información profesional de las condiciones meteorológicas en todo el mundo. <http://www.ogimet.com>.

[7] Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP (2017). **“Estación experimental Ing. Agr. Julio Hirschhorn - Trabajos de docencia, investigación y extensión”**.