



# 1° JORNADA METEOROLÓGICA DEL URUGUAY



2022

# VAISALA

Accurate,  
actionable  
surface  
weather  
insights

Automatic  
Weather  
Station  
AWS810



[vaisala.com/AWS810](https://vaisala.com/AWS810)

# ÍNDICE

- 5 METEOROLOGÍA Y SOCIEDAD**
- 6** LA CAPACITACIÓN HACIA LA MEJORA DEL SERVICIO
- 9** IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR CAP EN INUMET Y PREDICCIONES, AVISOS QUE TIENEN EN CUENTA LOS IMPACTOS.
- 12** DATOS PLUVIOMÉTRICOS PARA ÁREAS URBANAS – NECESIDAD DE INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA PARA DRENAJE PLUVIAL URBANO
- 15** BANCO NACIONAL DE DATOS METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS: MEMORIAS ESCONDIDAS PUERTAS ADENTRO, UNA MIRADA DEL PATRIMONIO CIENTÍFICO DE LA METEOROLOGÍA DEL URUGUAY Y LOS DESAFÍOS DE SU CONSERVACIÓN Y DIFUSIÓN”
- 18** DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICA NUVEM-SOLO ASSOCIADAS A UM SISTEMA CONVETIVO NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL.
- 21** HERRAMIENTAS DE MODELACIÓN PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA EN URUGUAY
- 24** COMPARAÇÃO DA SIMULAÇÃO DETERMINÍSTICA E POR ENSEMBLE DA PRECIPITAÇÃO GERADA POR SCMs NA REGIÃO DA BACIA DO PRATA
- 27** LA PROTECCIÓN AERONÁUTICA A TRAVÉS DEL RE.M.I.S.
- 30** EL SERVICIO METEOROLÓGICO DE LA FUERZA AÉREA Y EL MONITOREO DE LA CAPA DE OZONO EN LA BASE CIENTÍFICA ANTÁRTICA ARTIGAS
- 32** VALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS EVENTOS CLIMÁTICOS EL NIÑO E LA NIÑA NA BACIA DO RIO IBIRAPUITÃ NO MUNICÍPIO DE ALEGRETE-RS
- 35** IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS VIENTOS EXTREMOS QUE AFECTAN A URUGUAY
- 38** CENÁRIOS DE CLIMA FUTURO EM ÁREAS URBANAS: O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), GO
- 41 METEOROLOGÍA Y TECNOLOGÍA**
- 42** “EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PRODUCTO SATELITAL GLDAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN URUGUAY”
- 45** CARACTERIZACIÓN AUTOMÁTICA DE GRANIZO: RED INALÁMBRICA DE SENSORES
- 48** VERIFICACION DE LAS ESTIMACIONES DE TEMPERATURAS MINIMAS CON WRF5 Y WRF7ENS SOBRE URUGUAY
- 51 METEOROLOGÍA Y PRODUCCIÓN**
- 52** METEOROLOGIA Y SENSORES REMOTOS EN LA PRODUCCIÓN



**GRUNERT**  
INGENIERIA ELÉCTRICA  
Dr. J. Barrios Amorín 1515  
U 11200 Montevideo  
URUGUAY  
info@grunert.com.uy

JORGE GRUNERT

## METEOROLOGÍA EN GENERAL

Somos proveedores de:

- Estaciones automáticas especiales y para el agro
- Sensores/indicadores de viento, presión, temperatura, humedad, radiación solar, entre otros.
- Mástiles de uso en estaciones meteorológicas y aeropuertos
- Termómetros de uso meteorológico y especiales
- Molinetes hidráulicos para medir caudal de agua canales, ríos, etc.
- Bandas de registro para instrumentos meteorológicos de cualquier tipo.

**Representantes de:**

DR. ALFRED MÜLLER  
METEOROLOGISCHE INSTRUMENTE KG  
REUSS

LAMBRECHT  
melec

SEBA  
HYDROMETRIE



El Instituto Uruguayo de Meteorología presentó la 1ª Jornada Meteorológica del Uruguay (JORNAMET), que se llevó a cabo los días 17 y 18 de noviembre del 2022

La misma surge por la necesidad de crear espacios donde se pueda aprender, debatir y compartir la Meteorología como ciencia transversal en la actividad humana. Se abordará el tema en tres grandes ejes; la Meteorología y su incidencia en la sociedad, en la producción y en la tecnología. Los invitamos a que sean parte quienes se sientan y se definan como apasionados de la meteorología en toda la comunidad.

Áreas Temáticas:

1. Meteorología y sociedad: Productos y aplicaciones para la población y para el sector educación, extensión universitaria y divulgación en meteorología. Comunicación al público, programas gubernamentales a nivel nacional y regional. Cambio climático y/o variabilidad climática.
2. Meteorología y producción: Estudio de los procesos que vinculan las condiciones atmosféricas y climatológicas con las diferentes actividades productivas. Toma de decisiones en el sector productivo que involucre variables ambientales. Por ejemplo, producción y demanda de energía, producción agrícola, pesquera e industrial, transporte (marítimo y aéreo), servicios, entre otros.
3. Meteorología y tecnología: Metodologías para análisis de datos (estadísticas y numéricas, visualización, control de calidad, etc). Diseño de redes de medición, sistemas de comunicación y adquisición de datos, instrumental, sistemas de visualización, sensores remotos.

**La presente publicación no representa la palabra oficial del Instituto Uruguayo de Meteorología; la misma tiene el fin de divulgar trabajos científicos-técnicos sobre meteorología y su importancia en el desarrollo de la sociedad.**

#### Directorio del Inumet:

Presidente Cnel. (R) Lic. Pablo Cabrera

Vicepresidente Dr. Sebastián Pintos

Director Dr. Diego Plada

Secretario General Sr. Raúl Costa

Gerente Técnico

Tte. Cnel. (Av) (R) MSc. Yamandú Morán

#### Staff de JORNAMET

Sra. Daniela Perera

Sra. Valentina Loyarte

Sra. Pamela Arenas

Sra. Mabel Rodríguez

Téc. Victoria Burgos

Téc. María Virginia Vera

Téc. Andy Rosano

#### Comité Científico

Dra. Lucía Chipponelli

Met. Tec. Natalí Bentancor

Lic. Matilde Ungerovich

#### Comunicación:

Maquetación revista

Diseño Gráfico

Publicidad en redes

Diplomas

Banner

Identidad Visual Jornamet

Fotografía

Apoyo técnico

#### Comunicación Institucional

Sra. Mabel Rodríguez

Téc. Victoria Burgos

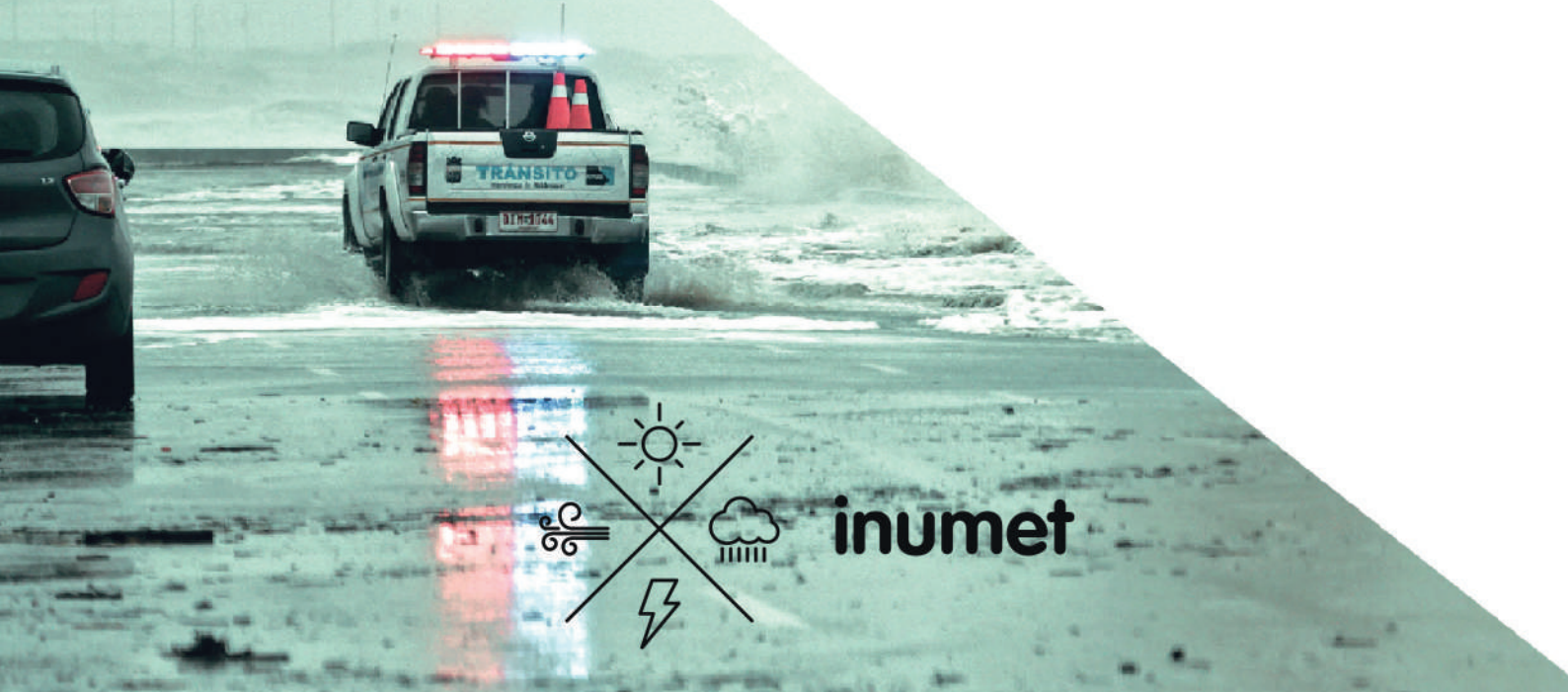
Téc. María Virginia Vera

Téc. Andy Rosano

Edición N°1  
2022



# METEOROLOGÍA Y SOCIEDAD



## **LA CAPACITACIÓN HACIA LA MEJORA DEL SERVICIO**

**Soledad de Sosa<sup>1</sup>, Vania Méndez<sup>1</sup>**

c.desosa@inumet.gub.uy,v.mendez@inumet.gub.uy.

<sup>1</sup>Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET)

Palabras clave: Formación de observadores.

### **1) INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO**

Este trabajo nace de la inquietud del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET) de mejorar los servicios que presta a la población, por esto surge la necesidad de incrementar la capacitación del personal técnico de la Institución.

Ya que los datos meteorológicos son la materia prima de todos los productos que se brindan desde un Servicio Meteorológico, estos deben ser de calidad y las observaciones deben seguir todas las normativas y reglamentaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

Por lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo es el diseño de una capacitación, para nivelar y recapacitar el personal que se desempeña en las estaciones meteorológicas del país.

### **2) BASE DEL TRABAJO**

Según Chiavenato I. (2001) La capacitación es el proceso educativo de corto plazo, aplicado de manera sistemática y organizada, por medio del cual las personas adquieren conocimientos, desarrollan habilidades y competencias en función de objetivos definidos. La capacitación entraña la transmisión de conocimientos específicos relativos al trabajo, actitudes frente a aspectos de la organización, de la tarea y del ambiente, así como desarrollo de habilidades y competencias.

La capacitación del personal es un proceso relacionado con el mejoramiento y el crecimiento de las aptitudes de los individuos y de los grupos, dentro de la organización. La importancia de la capacitación no se puede subestimar.

Las necesidades de formación de INUMET están enfocadas en los objetivos institucionales ya que la Misión y Visión del Instituto es ser un servicio de excelencia en materia de servicios meteorológicos y climáticos, lo cual se puede lograr con un mejoramiento de los informes de observaciones meteorológicas.

Estas necesidades surgen del control de calidad de las observaciones meteorológicas, por informes de los superiores y por sugerencias de usuarios con necesidades específicas. Así como también, por actualizaciones de la normativa referente a las claves y códigos meteorólogos o por acceso a nuevas tecnologías y/o instrumental.

La Organización Meteorológica Mundial define las siguientes competencias para los observadores meteorológicos:

- Vigilar continuamente la situación meteorológica;
- Observar y registrar fenómenos y parámetros meteorológicos,
- Velar por la calidad del desempeño de los sistemas y de la información meteorológica;
- Comunicar información meteorológica a usuarios internos y externos.

Tomando estas competencias como referencia, se identificaron fallas o faltas de conocimientos en nuestros observadores meteorológicos, por lo cual se desarrolla y planifica una capacitación interna de los mismos.

### **3) DESARROLLO DE LA CAPACITACIÓN**

En el curso se utilizarán los tres niveles de aprendizaje:

- Aprendizaje formal: se brindarán clases presenciales teóricas y prácticas, debates, y foros virtuales. Este proceso será evaluado mediante cuestionarios y pruebas prácticas. En la parte presencial se concurre a cada una de las estaciones..
- Aprendizaje semi-formal: se llevarán a cabo coaching a distancia con instructores y tutorías directas en el

puesto de trabajo en el periodo del curso.

- Aprendizaje informal: consta de dos etapas, al inicio del curso se brindará material de estudio a los estudiantes previo a la fase presencial, y al finalizar el mismo se continuará con el aprendizaje entre pares con mayor experiencia.

#### **Modos de impartir la formación:**

- Fase formal: aprendizaje en el aula (estación) con partes teóricas y prácticas, así como cursos en línea asincrónicos.
- Fase semi-formal: tutoría y coaching durante el curso y al mes de terminar el mismo.
- Fase Informal: se aplicará en el lugar de trabajo con el aprendizaje entre pares y en línea.

#### **Criterios de necesidades de aprendizaje:**

- Conocimientos previos: haber realizado observaciones meteorológicas.
- Metas del aprendizaje: codificar correctamente los parámetros meteorológicos y obtener datos de calidad.
- Formalidad de la evaluación: prueba final teórica y práctica.
- Se determina que las tareas adquiridas son cognitivas y de uso diario por lo cual la frecuencia de uso es un factor determinante

#### **Actividades de la capacitación:**

- Método de capacitación mixta, parte presencial obligatoria y una parte virtual con materiales de formación.
- Entorno natural de aprendizaje (clases prácticas en el entorno de la estación)
- Aprendizaje dirigido por formadores con amplia participación de los alumnos.

#### **Fase Virtual:**

Durante esta fase las lecturas del material y los ejercicios prácticos serán las actividades predominantes.

Los alumnos realizan las tareas sin la presencia de los tutores (aprendizaje centrado en el alumno), deberán leer el material y realizar los ejercicios que se les presenten.

Los tutores responden dudas en los foros correspondientes y al final de cada módulo/capítulo realizarán un breve cuestionario para ir verificando el avance de los estudiantes.

Los formadores irán verificando que los alumnos completen todas las actividades de cada módulo.

#### **Fase presencial:**

Los docentes desarrollarán conferencias guiadas, estudios, análisis de casos, y clases prácticas con diferentes escenarios. Los alumnos realizan preguntas y se generarán debates con los conocimientos adquiridos en la fase anterior.

#### **Evaluación en dos etapas:**

Se irán realizando evaluaciones durante el curso, con cuestionarios y ejercicios de la fase virtual, para tener un panorama de cómo le está yendo a cada uno y qué reforzar en la fase presencial.

En segunda instancia se realiza una evaluación sumativa después de la fase presencial, donde deberán de resolver un caso en tiempo real o de lo contrario (si las condiciones meteorológicas no ayudan) deberán resolver una situación simulada, como si estuvieran trabajando.

## **4) RESULTADOS ESPERADOS**

Luego de completada la capacitación los observadores podrán:

- desempeñar una correcta vigilancia meteorológica enfocada en los fenómenos que afecten a la población y a las aeronaves a nivel local (estación y su vecindad)

- registrar correctamente, parámetros meteorológicos, fenómenos y su evolución.
- emitir y codificar mensajes de las condiciones atmosféricas del momento, en los formatos de claves correspondientes.
- aplicar los procedimientos e instructivos referentes a Gestión de la Calidad del Instituto, pudiendo subsanar los errores de codificación de los mensajes antes de su difusión.
- advertir a la aviación sobre fenómenos que la afecten y asegurar que la información meteorológica se difunda a los usuarios correctos (banco de datos y sociedad civil)
- evacuar consultas de usuarios sobre los mensajes emitidos.
- Brindar apoyo a los departamentos responsables de la Vigilancia Meteorológica, principalmente durante eventos atmosféricos severos.

## REFERENCIAS

**Chiavenato, Idalberto, 2001:** Administración de Recursos Humanos, Quinta edición. Colombia, McGraw-Hill.

**Organización Meteorológica Mundial, 2015:** Guía para la aplicación de normas de enseñanza y formación profesional en meteorología e hidrología.

**Organización Meteorológica Mundial, 2018:** Guía sobre competencias.



## **IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR CAP EN INUMET Y PREDICCIONES, AVISOS QUE TIENEN EN CUENTA LOS IMPACTOS.**

**Ing. Pablo Rivero<sup>1</sup>, Tec. Met. Francisco Pereyra<sup>1</sup>,**  
p.rivero@inumet.gub.uy, jefatura.dptvm@inumet.gub.uy  
<sup>1</sup>Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET)

**Palabras clave:** CAP, Alertas

### **1) INTRODUCCIÓN**

#### **Qué es CAP**

El Protocolo de Alerta Común (CAP) es un estándar abierto y no propietario, diseñado para emitir alertas en cualquier medio a fin de comunicar información sobre cualquier tipo de peligro. El mensaje puede estar destinado al público en general, a grupos designados como autoridades gubernamentales, organismos de respuesta o personas específicas.



**Figura 1**

Los mensajes CAP se expresan en metalenguaje XML<sup>1</sup>. La organización OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) es la encargada de mantener el estándar, incluyendo los esquemas XML que son utilizados para especificar formalmente el mencionado formato. La última versión disponible al momento es la 1.2. La ITU (International Telecommunication Union) adopta el estándar como internacional en su recomendación X.1303.

#### **Entre las muchas capacidades del formato CAP se puede destacar:**

- Flexibilidad para representar lugares geográficos a partir de longitud/latitud y formas geométricas como polígonos.
- Mensajes multilingüe y multi-audiencia
- Descripción de fases, activaciones tardías de riesgos, delimitación de períodos
- Actualización y cancelación de riesgos
- Plantilla que soporta la descripción completa y efectiva de alertas
- Compatible con firmas digitales

#### **Implementación de CAP en INUMET**

Desde hace alrededor de 9 años INUMET genera archivos en formato JSON que representan sus alertas y avisos. Desde 2017 se incorporaron los polígonos independientes de divisiones políticas lo cual también se agregó a los archivos JSON.

El formato JSON es equivalente al formato XML con lo cual consideramos que la migración de un formato a otro consiste en mapear los campos del JSON que hoy tenemos en los campos correspondientes en el XML del CAP.

<sup>1</sup> <https://www.w3.org/standards/xml/core>

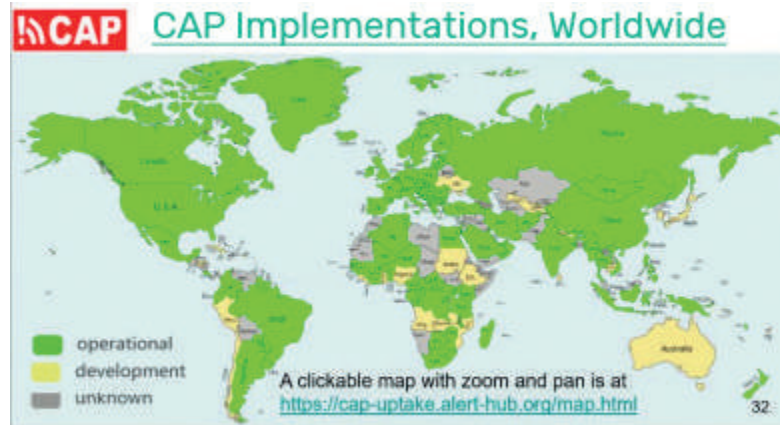


Figura 2

La implementación de CAP en INUMET consistirá en emitir un archivo en el estándar CAP cada vez que se emita una alerta de cualquier nivel. Por otro lado, se actualizará un archivo de registro de publicaciones donde se incluirá siempre fecha, hora y validez de cada alerta publicada.

Para el caso particular de las alertas meteorológicas emitidas por INUMET, necesitaremos solo un subconjunto de estos elementos y atributos para describir las alertas. Inumet no necesita utilizar todos los atributos del formato ya que con un subconjunto de ellos es posible representar completamente sus alertas y avisos.

**Predicciones y avisos que tienen en cuenta los impactos.**

Los fenómenos hidrometeorológicos de gran impacto no entienden de fronteras nacionales. En particular, las crecidas repentinas, las inundaciones, los deslizamientos de tierra y las sequías ocasionan múltiples víctimas y considerables daños a los medios de subsistencia y a los bienes materiales. Con el fin de reducir significativamente las pérdidas, las comunidades y los individuos deben protegerse con acciones que integren la información meteorológica y climática en el proceso de toma de decisiones.

Para proporcionar a las comunidades esa información integrada sobre el tiempo y el clima, los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) deben desarrollar la capacidad en toda la cadena de prestación de servicios. De este modo, se mejorarán las predicciones que tienen en cuenta los impactos, la difusión oportuna de la información -que será precisa y fácilmente comprensible- y la distribución al público y a otros sectores. La adopción de un enfoque de tal robustez figura como una prioridad de primer orden en las "Directrices de la OMM sobre servicios de predicción y aviso multirriesgos que tienen en cuenta los impactos" (OMM-N° 1150, 2015), así como en la publicación "Sistemas de Alerta Temprana Multirriesgos: Lista de verificación (2018), que respalda el "Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030" (Naciones Unidas, 2015).

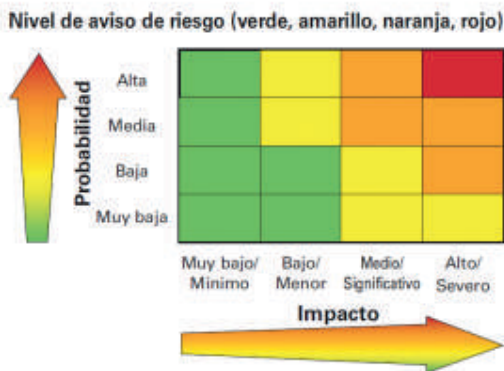


Figura 3

Muchos SMHN están avanzando hacia un enfoque de servicios de predicción y aviso multirriesgo que tienen en cuenta los impactos, que traduce los peligros meteorológicos e hidrológicos en impactos en sectores y lugares determinados y así se pueden adoptar las respuestas adecuadas para mitigar esos impactos. El programa Weather Ready Nation (WRN) del Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos y los Servicios de apoyo a la adopción de decisiones que tienen en cuenta los impactos (IDSS) de Europa y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte son dos ejemplos. Ambos, así como las Directrices de la OMM, hacen hincapié en la preparación para responder a los fenómenos meteorológicos.

Es urgente que más países pasen de centrarse solo en la exactitud de las predicciones que tienen en cuenta los peligros a describir también los posibles impactos de una predicción:

una evolución de “el tiempo que hará” a “lo que el tiempo hará”. Para ayudar a los países a hacer este cambio, la Oficina de asuntos internacionales del Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos, la Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), la Corporación Universitaria para la Investigación Atmosférica y el Centro de investigación hidrológica se están asociando con varios SMHN y organismos nacionales de gestión de desastres para transmitir el programa Weather Ready Nation. Barbados, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Indonesia y Sudáfrica se encuentran actualmente en la fase de puesta en marcha.

Este programa refuerza la capacidad de los SMHN y los organismos nacionales de gestión de desastres para mejorar y aumentar el uso de la información meteorológica, hidrológica y climatológica para salvar vidas, mitigar el sufrimiento humano y disminuir los impactos económicos de los peligros hidrometeorológicos. En consecuencia, los SMHN participantes no solo están produciendo pronósticos precisos y avisos oportunos, sino que procuran comprender y anticipar mejor los posibles impactos humanos y económicos de los fenómenos meteorológicos extremos. Ha habido considerables mejoras en la comunicación de sus impactos a los interesados.

## 2) CONCLUSIONES

La emisión de alertas meteorológicas oficiales en formato CAP por parte de INUMET nos incluye en un circuito estandarizado de comunicación a nivel mundial. Una de las ventajas inmediatas es la retransmisión, como ya lo hace la OMM (Organización Mundial de Meteorología) con las alertas emitidas por organismos miembros como INUMET. Esto aumenta el rango de alcance de las alertas lo cual es muy deseable.

También es importante lograr la colaboración de la retransmisión por parte de empresas privadas a partir de la interoperabilidad que nos ofrece CAP. Varias empresas privadas como Google, IBM, AccuWeather, etc., están contribuyendo a difundir alertas oficiales en formato CAP en sus portales. Siguiendo el ejemplo exitoso de otros países, INUMET debe comenzar a trabajar con empresas privadas para extender el rango de alcance de sus alertas en Uruguay.

A mediano plazo es necesario comenzar a transmitir las mismas alertas en otros idiomas como portugués e inglés para alcanzar a usuarios que tengan limitaciones con el idioma español. Esto se vuelve más evidente en los meses de verano donde nos visitan un gran número de turistas.

La evolución de las alertas y su difusión acompañando los avances tecnológicos es un trabajo permanente que siempre formara parte de las responsabilidades de INUMET.

## REFERENCIAS

**Naciones Unidas, 2015.** Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

**Organización Meteorológica Mundial, 2015:** Directrices de la OMM sobre servicios de predicción y aviso multirriesgos que tienen en cuenta los impactos (OMM-N° 1150); 2018: Sistemas de Alerta Temprana Multirriesgos: Lista de verificación.

### Autores

**Eliot Christian**, consultor de Organizaciones Internacionales, incluida la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

**Rochelle Campbell**, Centro de investigación hidrológica.

**Daniel Beardsley**, Oficina de asuntos internacionales del Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos de América.

**Sezin Tokar**, Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

# **DATOS PLUVIOMÉTRICOS PARA ÁREAS URBANAS – NECESIDAD DE INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA PARA DRENAJE PLUVIAL URBANO**

**Equipo de Inundaciones y Drenaje Urbano**<sup>1</sup>, [dinagua.idu@ambiente.gub.uy](mailto:dinagua.idu@ambiente.gub.uy)

<sup>1</sup>Dirección Nacional de Aguas (Dinagua) – Ministerio de Ambiente

**Palabras clave:** Drenaje pluvial urbano, pluviómetros.

## **1) INTRODUCCIÓN**

La especificidad de los problemas urbanos vinculados a las aguas, en particular a los temas de inundaciones, hacen que deba considerarse particularmente este aspecto a la hora de diseñar y actualizar la red pluviométrica nacional. En Uruguay, más del 40% de las localidades presentan algún tipo de problema de drenaje pluvial, siendo 70 las ciudades con problemas graves, 68 con problemas de nivel medio y 84 con problemas leves (Dinagua, 2022). Según estudios realizados por Dinagua (2022), los problemas más frecuentes son los asociados a inundaciones de viviendas, pérdida de conectividad terrestre y vertido de aguas servidas en la red de drenaje pluvial.

Se espera que estos problemas se vean agudizados en el futuro por la expansión de la urbanización en las periferias de la ciudad, por el impacto de la variabilidad y el cambio climático (SNRCC, 2021). Para enfrentar estos problemas es necesario contar con información pluviométrica para el diseño de infraestructuras asociadas a las aguas pluviales (dispositivos de infiltración y retención, evaluación de cursos de agua urbanos, diámetro de entubamientos, cantidad de bocas de tormenta, alcantarillas, etc.). Actualmente se diseña a partir de datos de la red pluviométrica, siendo el factor principal las lluvias intensas de corta duración, quedando sin utilidad los registros diarios. A su vez es fundamental contar con registros acumulados cada 5 o 10 minutos para la elaboración de la línea base y la incorporación del cambio climático en el diseño.

La red pluviométrica actual no resulta suficiente para cumplir estos requisitos debido a: una densidad de pluviómetros inadecuada para usos urbanos en varias ciudades; una forma de registro de intensidad de lluvia no automática, por lo que el pasaje de datos a un sistema digital es engorroso y puede producir errores evitables; y, datos no disponibles en tiempo real.

## **2) METODOLOGÍA Y PROCESAMIENTO**

Se estudia la totalidad de las estaciones del país (497), correspondientes a ANA<sup>2</sup> (Brasil), CTM, IM, INMET<sup>3</sup> (Brasil), INUMET, INIA y UTE. Por otra parte, se consideran también la totalidad de localidades del país, con base INE (Censo 2011). Se complementa la información de base con fotointerpretación (foto aérea – Google Satellite). Para definir la cobertura de las estaciones en áreas urbanas, se considera una superficie de 20 km<sup>2</sup> por pluviómetro, lo cual corresponde a un radio de 2,5 km por dispositivo. Este criterio se define teniendo en cuenta las recomendaciones de OMM<sup>4</sup> (2020), que considera como valor mínimo de densidad de estaciones para áreas urbanas entre 10 y 20 km<sup>2</sup> de superficie, por estación. Asimismo, se consideran como localidades prioritarias para este análisis las que cuentan con problemas de drenaje pluvial graves o medios. Con ambas consideraciones, se asigna un área buffer a cada pluviómetro analizando su relación con las localidades y ponderando la cobertura en parcial o total según corresponda. (Figura 1).

2 Agencia Nacional de Aguas

3 Instituto Nacional de Meteorología

4 Organización Meteorológica Mundial

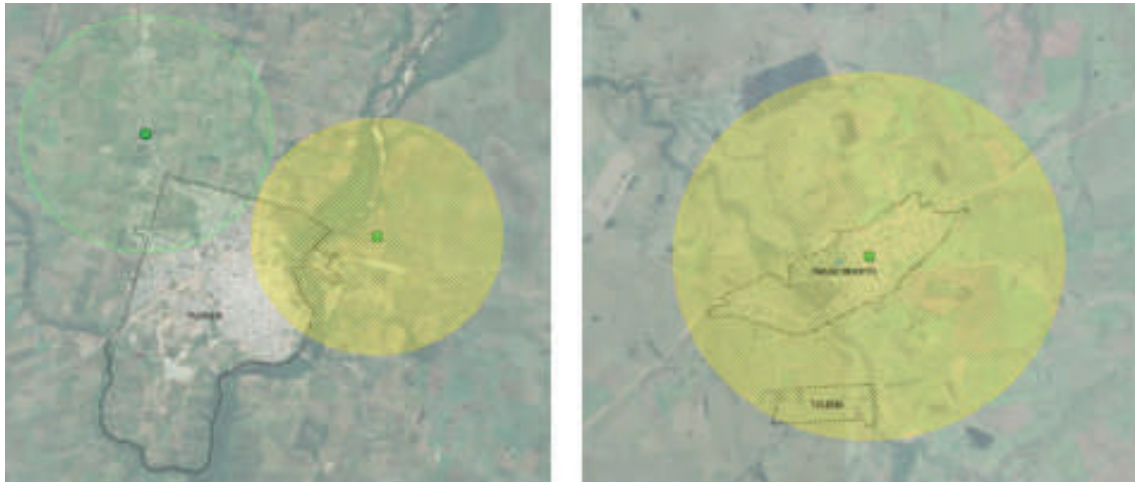


Fig. 1. Ejemplo de localidades con cobertura pluviométrica parcial (Florida) y total (Fraile Muerto). En amarillo se indican las áreas de cobertura de estaciones automáticas, en verde la cobertura de estación de tipo convencional.

### 3) RESULTADOS

De acuerdo a la información disponible y los análisis señalados, se definen tres categorías de estado: nivel de cobertura óptimo y aceptable (categoría 1), oportunidad para actualización (categoría 2), y sin cobertura (categoría 3).

En base al estudio realizado se definen aquellas ciudades que requieren información de manera prioritaria para la gestión del drenaje pluvial. Se establecen los siguientes criterios de priorización: ciudades con más de 5.000 habitantes con problemas graves que no cuentan con estaciones automáticas (pueden contar con estaciones convencionales) y ciudades con más de 20.000 habitantes con problemas medios de drenaje, que no cuentan con estaciones automáticas.



Fig. 2. Mapa de ciudades con problemas graves y medios de drenaje pluvial, según cobertura de estaciones pluviométricas (IDU – Dinagua 2022).

Con estas pautas, de las 140 ciudades con problemas, se priorizan 24 ciudades con problemas graves de drenaje, y 7 con gravedad media.

Dentro de las ciudades consideradas de primera prioridad, se realiza una subselección teniendo en cuenta la cercanía a estaciones pluviométricas automáticas ya instaladas, descartando aquellas ciudades que cuentan con estaciones a 20 km o menos de la ciudad. Si bien no brindan la información necesaria, permiten identificar situaciones de mayor urgencia teniendo en cuenta la red instalada. Dicha subselección se presenta a continuación.

Departamento	Localidad	Población	Gravedad de problemas de drenaje	Cobertura estaciones convencionales	Distancia a pluviómetro automático
CANELONES	BARROS BLANCOS	31.650	Medio	-	22 km
	SOLYMAR	18.573	Grave	-	20 km
	LAGOMAR	8.066	Grave	PARCIAL	20 km
	SAN JOSE DE CARRASCO	7.288	Grave	PARCIAL	20 km
COLONIA	CARMELO	18.041	Grave	-	64 km
	NUEVA PALMIRA	9.857	Grave	TOTAL	54 km
	NUEVA HELVECIA	10.630	Grave	TOTAL	41 km
	ROSARIO	10.085	Grave	-	32 km
	JUAN LACAZE	12.816	Grave	TOTAL	24 km
FLORES	TRINIDAD	21.429	Medio	TOTAL	28 km
MALDONADO	SAN CARLOS	27.471	Grave	-	20 km
RIO NEGRO	YOUNG	16.756	Grave	PARCIAL	44 km
	FRAY BENTOS	24.406	Grave	TOTAL	25 km
SAN JOSE	SAN JOSE DE MAYO	36.743	Medio	-	50 km

Fig. 3. Tabla con ciudades seleccionadas.

#### 4) CONCLUSIONES

Si bien la instalación de estaciones automáticas en el país ha tenido un avance creciente en los últimos años, la cobertura para ciudades cuya gravedad de problemas de drenaje es grave o medio es aún insuficiente. El cambio climático, con su tendencia de aumento de precipitaciones, y la necesidad de reducir los problemas existentes evitando generar nuevos, hacen de esta una problemática a atender. De las localidades afectadas, sólo 8 presentan una situación óptima. Se realiza en el trabajo una priorización en función de la problemática con el objetivo de aproximarlos a las capacidades de las instituciones: cambiar en primera instancia las estaciones convencionales por automáticas, cubriendo las ciudades con problemas graves; y, en segundo lugar, instalar estaciones convencionales en las localidades que actualmente no cuentan con ninguna, cubriendo primeramente ciudades con problemas graves y posteriormente aquellas cuya gravedad de problemas de drenaje es medio.

#### REFERENCIAS

**Dirección Nacional de Aguas (Ministerio de Ambiente), 2022:** Atlas Nacional de Inundaciones y Drenaje Pluvial Urbano (versión Febrero 2022). 35, 34.

**Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2020:** Guía de prácticas hidrológicas. Volumen I. Hidrología - De la medición a la información hidrológica. OMM-Nº 168. I.2-26.

**Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático, 2021:** Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático en Ciudades e Infraestructuras.

**Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático, 2021:** Plan Nacional de Adaptación para la Zona Costera ante la Variabilidad y el Cambio Climático.

# **“BANCO NACIONAL DE DATOS METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS: MEMORIAS ESCONDIDAS PUERTAS ADENTRO, UNA MIRADA DEL PATRIMONIO CIENTÍFICO DE LA METEOROLOGÍA DEL URUGUAY Y LOS DESAFÍOS DE SU CONSERVACIÓN Y DIFUSIÓN”**

**Silvana Ferrero<sup>1</sup>**

s.ferrero@inuket.gub.uy

<sup>1</sup>Instituto Uruguayo de Meteorología (Inuket)

**Palabras clave:** Meteorología; Historia; Patrimonio; Ciencia.

## **1) INTRODUCCIÓN**

El hablar de Banco Nacional de Datos Meteorológicos y Climáticos nos transmite la idea de centralidad, y si a esto le sumamos nuestra finalidad como Instituto Uruguayo de Meteorología, la de “prestar los servicios públicos meteorológicos y climatológicos, consistentes en observar, registrar y predecir el tiempo y el clima en el territorio nacional y zonas oceánicas adyacentes”, y nos concentramos específicamente en estas primeras tres funciones encomendadas, encontramos la base de todo, la base de todo servicio meteorológico y la importancia que radica en estos tres primeros pasos, el observar, el registrar para posteriormente predecir.

Pero la idea de esta introducción no es la de centrarnos en la sabida importancia del dato meteorológico, sino en dar la debida relevancia a aquel camino transitado por quienes, desde sus primeras observaciones, en esa búsqueda de conocimiento venida de la mano de la necesidad de entender la meteorología en nuestro país, comenzaron a forjar los inicios de lo que hoy es la meteorología en el Uruguay. Y con las dificultades de los distintos momentos transitados, se comenzaron a realizar observaciones, registros, análisis, y un trabajo de investigación sujeto a dificultades y escaseces que sentarían los primeros pasos.

Pero con el devenir de los años y los distintos avances, estos primeros registros y los posteriores fueron quedando ocultos, escondidos. Sin un espacio físico adecuado, una correcta selección de materiales, la escases de tareas de conservación, y el compartir el espacio de guarda con un sin fin de elementos de distinta índole, hicieron que lo que en su momento fue el archivo meteorológico, se transforme en un depósito de objetos e información en desuso, donde también estaría el acervo meteorológico.

El presente trabajo busca dar a conocer el inicio de un proyecto de reestructuración del actual Banco de Datos Meteorológicos y Climáticos, lo que nos permitirá dar una mirada al patrimonio científico de la Meteorología en el Uruguay y de este modo, poner en valor ese recorrido histórico y entender que los registros que hoy son más actuales, serán el patrimonio venidero por el que transitarán las próximas generaciones. Esa puesta en valor conlleva a desafíos, desafíos que implican mejorar la manera de conservar y difundir nuestras memorias.

## **2) HACIENDO HISTORIA Y LOS PROBLEMAS DE SU ARCHIVO**

En el presente capítulo se realizará un sucinto desarrollo de las potencialidades de nuestro archivo meteorológico y los principales problemas que se han detectado desde que se inició el proyecto de reestructura del mismo.

En nuestro archivo meteorológico, contamos con el registro en papel que han producido las estaciones meteorológicas de nuestro país, algunas con más de cien años de funcionamiento. Estos materiales han pasado en el transcurrir de los años por un sin fin de intervenciones, sin haber logrado al día de la fecha la digitación ni la digitalización del total del archivo en papel, más allá de los esfuerzos que se realizaron en varias instancias.

Si bien parte del acervo se encuentra digitado, en este aspecto se trabaja a demanda y en general, sin disponer de personal fijo para tal fin. En cuanto a la digitalización, fueron varias las instancias, asociadas en mayor medida a proyectos, pero la carencia de protocolos que documenten los procesos hicieron que no fuera trascendental a los distintos funcionarios que cumplieran funciones con el transcurrir el tiempo.

El principal problema en cuanto a la conservación del material radica en que con el devenir de los años nos hemos convertido en un factor antropogénico de deterioro, colaborando con un exceso de manipulación en un acervo histórico que presenta: diferencias en el formato y tamaño de registro, compilados en formato tipo paquete con tapas sueltas e hilo (cuya acción afecta principalmente a las primeras hojas y bordes), paquetes apilados de manera forzosa, encuadernaciones forzadas y desgarros, dobleces caprichosos, presencia de polvo y de otros agentes de deterioro.

En cuanto a las salas destinadas para la guarda, existen problemas edilicios en los que se ha comenzado a trabajar: eliminación de humedades, refacción de paredes, entre otras. Del relevamiento general surge que son unos 71 m<sup>3</sup> de dato meteorológico, más de la mitad, ubicado en muebles de madera. Los muebles de madera se desaconsejan porque desprenden gases volátiles que afectan la integridad de los documentos (Pené y Bergaglio, 2009), más allá de que deben evitarse para reducir los peligros de incendio y plagas de insectos (OMM-No. 1182, 2016). Por lo que el proceso de migrar la información a mobiliario metálico se vuelve imprescindible, y se han comenzado a adquirir estanterías metálicas nuevas.

Por otra parte, y entre los distintos libros y materiales provenientes del desmantelamiento de bibliotecas, se han encontrado ejemplares de publicaciones científicas: algunas más recientes y otras que nos muestran los primeros pasos de aquellos personajes, quienes ávidos de conocimiento comenzaban a dejar huella en el avance de la meteorología de nuestro país.

Este acervo, de acuerdo a lo que se ha relevado hasta el momento, consta de libros, artículos, boletines, compendio de datos, informes, notas técnicas, fotografías (algunas ya difundidas), una importante colección de fotografías en placa de vidrio, y otros objetos diversos. Si bien el papel es el soporte mayoritario de nuestro acervo, como se expresaba, se han encontrado otros materiales, y juntos se transforman en piezas de gran relevancia para construir y complementar nuestra trayectoria. Parte de este material, presenta deterioro o se encuentra ubicado en condiciones poco favorables para su preservación, por lo que tomar prontas medidas en este sentido, se vuelve fundamental.

### **3) DETALLE DE PARTE DEL ACERVO EN PAPEL**

El papel es el soporte mayoritario del acervo, y si bien, gran parte del mismo consta de los datos de las observaciones meteorológicas, ya sea como registro en formularios o material proveniente de distintos instrumentos registradores, también se encuentra una importante colección de otros elementos, de la que se destacan manuscritos, recortes de diario, entre otros. Surge del relevamiento, que hasta el momento se han contabilizado y registrado un total de 525 ejemplares de diversos tipos y procedencia (ver Figura 1), y principalmente en lo que respecta al acervo histórico, se ha contabilizado un total de 2.042 piezas de producción científica nacional, de las cuales existen unos 310 ejemplares únicos de producción nacional en la materia (ver Figura 2), siendo la pieza más antigua un Boletín Mensual del Observatorio Meteorológico del Colegio Pío de Villa Colón, del año 1889.

De esta producción científica nacional la mayor cantidad de ejemplares de obra plana, en este caso documentos en papel, fueron producidos entre el final del Siglo XIX y los primeros cincuenta años del Siglo XX.

### **4) DESAFÍOS**

El transcurrir de los años y nuestra historicidad ha hecho que al día de hoy se cuente con una vasta obra que debe ser considerada, por lo que el fusionar nuestro presente con un pasado que necesita ser rescatado surge como el principal desafío, pero también el socializar ese conocimiento.

Como se mencionaba, la colección de documentos en papel de nuestro acervo es muy rica y esto nos pone en una doble responsabilidad, por un lado, el cuidar, el conservar esa riqueza y al mismo tiempo mostrarlo, difundirlo, socializarlo.

Para poder cumplir con la primera parte es necesario sostener una política de conservación preventiva del acervo que atienda a las urgencias y necesidades de las piezas que lo conforman, definiendo la conservación preventiva como aquellas medidas destinadas a lograr la permanencia en el tiempo de documentos y libros, ya sea acciones que anticipen el deterioro como aquellas que tratan de evitar su continuidad (Pené y Bergaglio, 2009). Estas tareas



implican una inversión económica importante, personal especializado asignado al área, el acondicionamiento de espacios y tiempo. Pero el mayor desafío al que nos afrontamos es el entender el problema mayor, y según citara Claudia Mercedes Lanzani (2016) "el problema más grande y difícil que tenemos que resolver, es la creencia de que las tareas relacionadas con la conservación de la historia y la cultura no aportan mucho a un organismo cuya función primordial es hacer ciencia". Sólo atendiendo a este primer desafío se podrá cumplir de buena forma con el cuidar para poder luego dar difusión y poner en valor nuestra historia.

## 5) CONCLUSIÓN

El focalizar la atención en cuestiones técnicas y el no disponer del personal suficiente ni con experticia en temas de índole histórica y cultural, tuvo como consecuencia que aquellas actividades humanísticas relacionadas a la conservación del patrimonio histórico quedaran relegadas. Por lo tanto, el descubrir esas memorias escondidas puertas adentro y brindarle un acondicionamiento y espacio adecuado, pondrán en valor nuestro trascendental trayecto, lo que brindará elementos que complementen este recorrido histórico. El sostener una política de conservación preventiva y la difusión de los hallazgos pondrán en valor dicho recorrido y el ir conociendo y recorriendo nuestra historia es uno de los caminos para valorizarnos institucionalmente.

## REFERENCIAS

**Bergaglio, C. y Pené, M. (Comps.), 2009:** Conservación preventiva en archivos y bibliotecas. La Plata: Instituto Cultural de la Provincia de Buenos Aires. (Publicaciones del Archivo Histórico de la Provincia de Buenos Aires. Archivística y preservación documental). En Memoria Académica. Disponible en: <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.1591/pm.1591.pdf>

**Lanzani, C., 2016:** Desafíos de conservar la memoria del Servicio Meteorológico Nacional de Argentina (SMN) a través de su patrimonio histórico-científico. Río de Janeiro: Anais do IV Seminário Internacional Cultura Material e Patrimônio da Ciência e Tecnologia, 379-389.

**Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2016:** Directrices sobre mejores prácticas para el rescate de datos climáticos. OMM-No. 1182, OMM, Ginebra.

# **DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS NUVEM-SOLO ASSOCIADAS A UM SISTEMA CONVETIVO NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL**

**Luciana Cardoso Neta<sup>1</sup>, Lucijacy Pereira Javarini<sup>2</sup>, Morgana Vaz da Silva<sup>3</sup>**

lcnet@gmail.com

<sup>1,2,3</sup> Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

**Palabras clave:** descarga elétrica atmosférica, precipitação, sudeste.

## **1) INTRODUÇÃO**

Para ocorrer uma descarga elétrica na atmosfera é preciso um campo elétrico de intensidade superior à rigidez dielétrica ou capacidade isolante do ar (Rakov e Uman, 2003). Segundo Uman (2011), estas descargas apresentam-se como canais ionizantes com diversas ramificações que se estendem por vários quilômetros, tanto na vertical quanto na horizontal. As Descargas Elétricas Atmosféricas (DEA) do tipo nuvem-solo (NS) ocorrem geralmente em nuvens Cumulonimbus (Cb), devido ao acúmulo de cargas elétricas em regiões localizadas na atmosfera (Rakov e Uman, 2003). Quando agrupadas, as nuvens Cb formam os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Esses sistemas persistem por várias horas e produzem áreas de precipitação contínua e podem ter diferentes formas, tempos de vida e dimensões espaciais (Houze, 1993; Lin, 2007).

O objetivo deste trabalho foi analisar as DEA do tipo nuvem-solo (NS) geradas por um SCM que ocorreu entre os dias 18-19 de outubro de 2007. Este sistema, que durou aproximadamente 15 horas, atingiu três estados da região sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo), e evoluiu a partir de um desdobramento de um sistema linear anterior observado naquela região, com dissipação durante a manhã do dia seguinte. Cerca de 68% das DEA ocorreram durante as primeiras 5 horas de sua vida, enquanto a precipitação ocorreu principalmente durante as últimas horas.

## **2) DADOS E METODOLOGIA**

Foram utilizadas imagens de satélite geoestacionário da série GOES, obtidas junto ao CPTEC/INPE, para identificar e rastrear a trajetória do sistema em estudo. Essas imagens, possuem alta resolução (4km) e são disponibilizadas a cada 15-30 minutos aproximadamente. Utilizou-se  $-30^{\circ}\text{C}$  e  $-50^{\circ}\text{C}$  como valores limites das temperaturas de brilho no infravermelho,  $T_{IR}$ , para identificar o sistema convectivo e as regiões de convecção profunda, embutidas em seu interior, respectivamente.

Os dados de descarga da rede RINDAT foram sobrepostos em imagens de satélite em um intervalo de 10 minutos (5 minutos antes e depois do horário de cada imagem). Foi utilizada a metodologia de Cardoso Neta (2013) para associar as DEA aos sistemas convectivos. Este sistema foi observado em uma região localizada onde a eficiência de detecção da rede RINDAT é superior a 90% (Naccarato e Pinto Jr., 2008). A precipitação superficial foi calculada com dados de 20 estações automáticas localizadas na área afetada pelo sistema convectivo de mesoescala aqui analisada. Esses dados foram fornecidos pelo INMET.

## **3) RESULTADO E CONCLUSÃO**

No dia 18 de outubro de 2007 vários sistemas convectivos se formaram no Brasil desde a região Norte, passando pelo Centro-Oeste até a região Sudeste do Brasil. Um desses sistemas assumiu forma linear e deslocou-se do estado de Goiás para Minas Gerais. A Figura 1a mostra o primeiro tempo de rastreamento deste sistema. Durante as primeiras horas de monitoramento, foi observada muita atividade convectiva nas proximidades do sistema em questão. Progressivamente, essas áreas convectivas perderam intensidade e se dissiparam à medida que o sistema começou a aumentar tanto em área quanto em intensidade. Durante seu ciclo de vida, ocorreram algumas fusões com sistemas menores (Fig. 1b), quando um sistema menor foi incorporado pelo sistema em estudo, no flanco leste. Com esta fusão, a nebulosidade adquiriu uma forma mais circular (Fig.1c-1e) à medida que o sistema se movia para leste. A quantidade máxima de descargas detectadas em 10 minutos ocorreu próximo às 00:30UTC (Fig.1c) com 752 raios, sendo 91% negativos e concentrados principalmente nas regiões com  $T_{IR} \leq -70^{\circ}\text{C}$ . A partir deste período, a área com esses baixos valores de TIR diminuiu gradativamente enquanto as áreas com  $T_{IR}$  de  $-50^{\circ}\text{C}$  foram ocupando praticamente todo o sistema (Fig.1d-1e). Quando o sistema atingiu sua maior área (Fig.1f) a quantidade de descargas detectadas foi cerca de sete vezes menor do que 3 horas antes (Fig.1c). Depois disso, tanto sua área quanto a quantidade de descargas diminuíram continuamente.

Durante o tempo de rastreamento, as descargas (negativas e positivas) foram localizadas em áreas onde a  $T_{IR}$  estava abaixo de  $-60^{\circ}\text{C}$ , como pode ser visto nas Figs.1a-1f, exceto durante a fase de dissipação. As descargas eram principalmente positivas e localizadas onde  $T_{IR} \geq -50^{\circ}\text{C}$  (Fig.1g-1h). Isso sugere que as DEA NS positivas foram geradas em níveis baixos nas nuvens nesse estágio. Em relação ao modelo conceitual de distribuição vertical de cargas em nuvens profundas (Dotzek, 2005), provavelmente cristais de gelo e granizo existiram nestes estágios de evolução. No entanto, descargas nuvem-solo positivas ocorreram principalmente onde a temperatura de topo era maior (em cerca de  $10$  a  $20^{\circ}\text{C}$ ) em relação ao posicionamento negativo da descarga. Além disso, descargas positivas parecem estar localizadas de forma mais dispersa ao longo da vida útil do sistema.

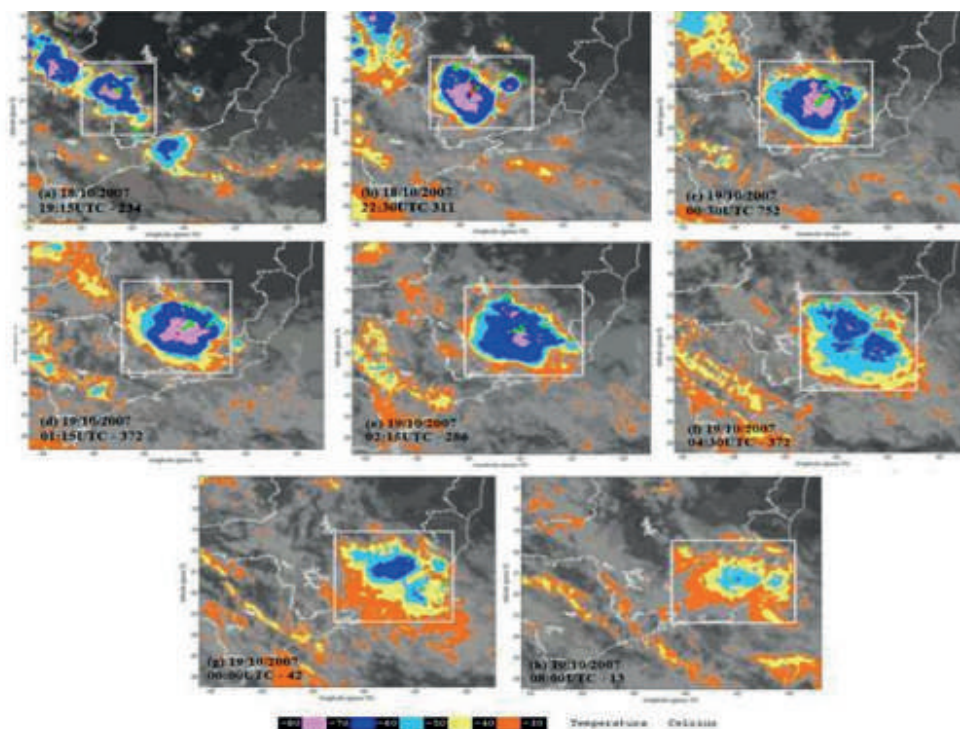
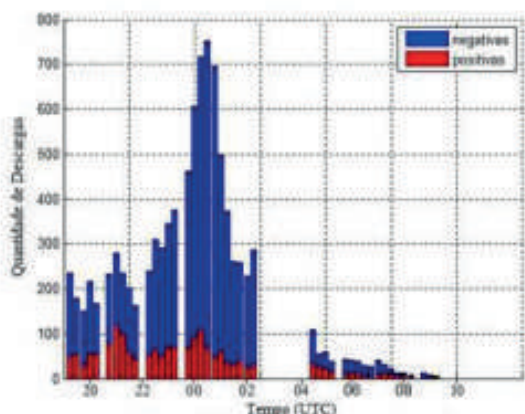


Figura 1 – Sequência de imagens de satélite do sistema que ocorreram entre os dias 18-19 de outubro de 2007. As DEA negativas (em verde) e as positivas (em vermelho).

Após fazer uso do método de extração de informações de descarga com base na superposição de descargas atmosféricas sobre as imagens de satélite, foi construído o histograma mostrado na Figura 2. Cada coluna indica a quantidade de descarga NS negativas (azul) e positivas (vermelho) detectadas durante 10 minutos no momento da imagem. As lacunas nesta figura correspondem aos intervalos de tempo em que as imagens de satélite não estavam disponíveis. O maior período sem imagens ocorreu entre 2h15 e 4h30 UTC do dia 19, quando o sistema ainda estava muito ativo, como visto anteriormente.



Os dados pluviométricos obtidos são relativos ao total de cada estação durante as 15 horas de vida deste sistema. Durante a vida útil do sistema, o total de chuvas registrado na área atingida por este sistema foi de  $427,6\text{mm}$  (milímetros) dos quais  $86,8\text{mm}$  foram registrados na estação Pampulha, em Belo Horizonte, durante apenas uma hora. Para esta localidade, este valor corresponde a mais de 80% do esperado para todo o mês.

Figura 2 – Distribuição temporal, resolução 10 minutos, das descargas pelo sistema em estudo.

## **REFERÊNCIAS**

**Cardoso Neta, L, 2013:** Características das Descargas Nuvem-Solo na Região Sudeste do Brasil em Outubro de 2007. 170. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

**Dotzek, N., Rabin, R.M., Carey, L.D., MaNSorman, D.R., McCormick, T.L, Demetriades, N.W., Murphy, M.J. y Holle, R.L., 2005:** "Lightning activity related to satellite and radar observations of a mesoscale convective system over Texas on 7-8 April 2002", Atmospheric Research, .76, 127-166.

**Houze Jr., R. A., 1989:** Cloud Dynamic, Academic Press, 570.

**Lin, Yuh-Lang, 2007:** Mesoscale Dynamics. NY, EUA. Cambridge University Press, 627.

**Naccarato, K.P. y Pinto Jr., O., 2008:** "The third generation relative detection efficiency model for the Brazilian Lightning Detection Network (BRASILDat)". In: International Lightning Detection Conference, 20, International Lightning Meteorology Conference, 2, Tucson, Arizona,USA, Tucson, Arizona, USA, 1 CD-ROM.

**Rakov, V.A. y Uman, M.A., 2003: Lightning: Physics and Effects. Cambridge:** Cambridge University Press, 850.

**Uman, M.A., 2011:** Lightning. New York: Dover Publications Inc., 2, 320

# **HERRAMIENTAS DE MODELACIÓN PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA EN URUGUAY**

**Vanessa Erasun<sup>1</sup>, José Valles<sup>1</sup>, Vanessa Ferreira<sup>1</sup>, Pablo Kok<sup>2</sup>, Rafael Navas<sup>3</sup>, Lucas Bessone<sup>3</sup>, Andrés Saracho<sup>3</sup>, Pablo Gamazo<sup>3</sup>, Patricia Trambauer<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Dirección Nacional de Aguas, Ministerio de Ambiente, Montevideo, Uruguay, vanessa.erasun@ambiente.gub.uy

<sup>2</sup>Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Ambiente, Montevideo, Uruguay, pablo.kok@ambiente.gub.uy

<sup>3</sup>Departamento del Agua, CENUR Litoral Norte, Universidad de la República, Uruguay, rnavas@litoralnorte.udelar.edu.uy

<sup>4</sup>Deltares, Delft, Países Bajos, patricia.trambauer@deltares.nl

**Palabras clave:** modelación hidrológica, wflow, FEWS, cuenca río Santa Lucía

## **1) INTRODUCCIÓN**

La cuenca del río Santa Lucía es de fundamental importancia para Uruguay debido a que abastece a más del 60% de la población del país en lo que refiere a agua potable. En los últimos años han ocurrido eventos que han comprometido el suministro de agua potable (cantidad y calidad) de la zona metropolitana y localidades dentro de la cuenca: inundaciones, sequías, floración de cianobacterias, entre otras. Estos eventos, acentuados por el cambio climático e intensificaciones en los usos de suelo y del agua, han motivado al Ministerio de Ambiente de Uruguay a generar herramientas de gestión que permitan prever, amortiguar y aumentar la resiliencia ante eventos adversos.

En este contexto, el presente trabajo tiene por objetivo describir el proyecto "Adaptación en Acción - Cuenca Santa Lucía", enmarcado en la convocatoria del programa Euroclima+ "Programa regional de cambio climático y sostenibilidad ambiental para América Latina". Este propone un abordaje integral de los recursos hídricos a través del uso de herramientas innovadoras de modelación de cantidad y calidad de agua. La Dirección Nacional de Aguas (Dinagua) perteneciente al Ministerio de Ambiente, lidera la ejecución del proyecto. Conjuntamente, la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (Dinacea), la Universidad de la República (UdelaR) y el instituto Deltares cooperan en el desarrollo e implementación de los modelos, la capacitación de recursos humanos y soporte técnico de las herramientas informáticas.

## **2) METODOLOGÍA**

La cuenca del río Santa Lucía (Figura 1), ubicada al sur de Uruguay, tiene un área de aporte de 13.487 km<sup>2</sup> y concentra casi al 32% de la población rural nacional, siendo uno de los principales territorios de producción de alimentos a escala nacional (MVOTMA, 2017).

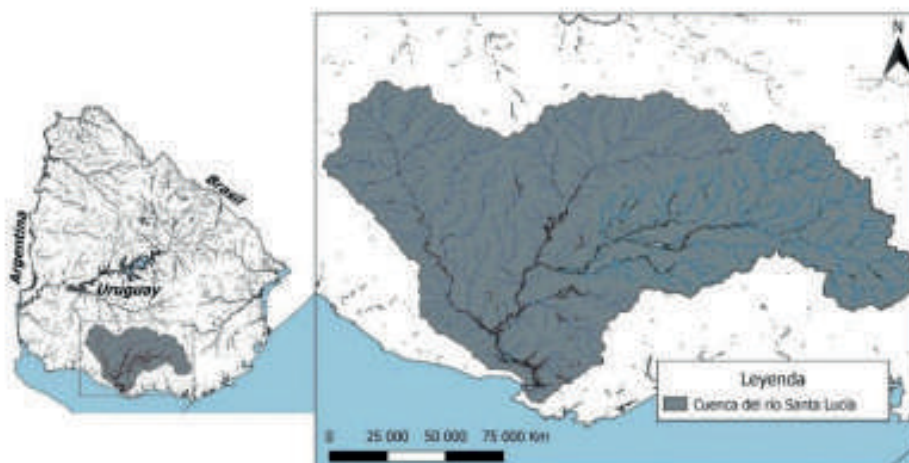


Figura 1.- Ubicación del área de estudio: cuenca del río Santa Lucía

Uruguay cuenta con un sistema operacional de pronóstico hidrológico en la plataforma Delft-FEWS desarrollada por Deltares (Werner et al., 2013; <http://www.delft-fews.nl/>). Esta herramienta se encuentra en funcionamiento para pronosticar crecientes en las ciudades de Durazno (cuenca del río Yi) y Artigas (cuenca del río Cuareim), formando parte del proyecto FEWS-Uruguay, que fue financiado por el Sistema Nacional de Emergencias (SINAE), y que brinda soporte a la toma de decisiones en materia de inundaciones para los Sistemas de Alerta Temprana (SAT).

En la cuenca del río Santa Lucía existe una herramienta preliminar de pronóstico hidrológico basada en estudios de correlación espacio-temporales de series históricas de niveles y caudales para las diferentes subcuencas del río Santa Lucía.

El proyecto “Adaptación en Acción – Cuenca Santa Lucía” posee tres componentes. El primero de estos tiene la función de predecir o anticipar caudales y niveles actuales y futuros en varias localidades en base a variables hidrometeorológicas observadas, pronósticos hidrológicos e información satelital. Para ello, se propone el desarrollo de un modelo hidrológico distribuido en wflow (Schellekens, 2012) de paso subdiario. Además, se desarrollará un modelo hidrológico de paso diario utilizando la misma herramienta wflow, el cual dará soporte a la gestión del agua en la cuenca en base a pronósticos subestacionales y estacionales de variables hidrometeorológicas.

El segundo componente es la herramienta de gestión y planificación de recursos hídricos RIBASIM (Van der Korgt, 2008), la cual permitirá evaluar medidas relacionadas con la infraestructura y facilitar la gestión operativa del agua. En cuanto a sus funcionalidades específicas, se puede mencionar la estimación de la oferta y demanda hídrica superficial. Este modelo estará acoplado al modelo hidrológico de paso diario (wflow) y ambos serán incorporados en la plataforma FEWS-Uruguay.

El tercer componente tiene por objetivo ampliar la información de calidad de agua de la cuenca. Para ello se implementará la herramienta de modelación DELWAQ, que incluye un módulo de emisión (D-Emissions) y un módulo de destino y transporte (D-Water Quality) (Deltares, 2022). Estas herramientas permiten simular la generación de emisiones puntuales y difusas (entre las que se encuentran los nutrientes) asociadas a las actividades antrópicas en la cuenca, los procesos que las afectan y su transporte en los cauces.

### **3) RESULTADOS ESPERADOS**

A través del desarrollo de las herramientas de modelación de cantidad y calidad de agua, se espera mejorar y fortalecer la gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca del río Santa Lucía. Además, se espera como resultado tener un sistema de pronóstico hidrológico operativo en la plataforma FEWS-Uruguay, el cual brindará soporte a los SAT en eventos de alto impacto en la cuenca del río Santa Lucía. Otro resultado importante es la creación de capacidades dentro de las instituciones que estarán a cargo del desarrollo y la operación de las herramientas de modelación, lo cual permitirá incluir otras cuencas a la plataforma FEWS-Uruguay en futuros proyectos.

### **AGRADECIMIENTOS**

A Euroclima +, por la financiación del proyecto “Adaptación en Acción – Cuenca Santa Lucía”.

A la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y a la

Agencia Francesa para el Desarrollo (AFD), responsables de la implementación del proyecto.

A las instituciones socias del proyecto, por facilitar la información de base para el desarrollo de los modelos y el apoyo brindado durante la ejecución del mismo.

## **REFERENCIAS**

**Deltares (2022):** D-Water Quality Technical Reference Manual. Disponible en: [https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/D-Water\\_Quality\\_User\\_Manual.pdf](https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/D-Water_Quality_User_Manual.pdf)

**MVOTMA (2017):** Plan Nacional de Aguas del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), pág. 167. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/planes/plan-nacional-aguas>

**Schellekens, J. (2012):** WFLOW Documentation. Manual Deltares Disponible en: <https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/wflow/latest/wflow.pdf>

**Van der Korgt, W.N.M. (2008):** RIBASIM Version 7 Technical Reference. Manual Deltares. Disponible: <https://oss.deltares.nl/documents/3013785/3018618/RIBASIM+Version+7.00+User+manual+V6.pdf/68adf2ab-274a-d7bb-3c8c-2d2191aefe4a?t=1612953742403>

**Werner, M., Schellekens, J., Gijssbers, P., van Dijk, M., van den Akker, O., & Heynert, K. (2013):** The Delft-FEWS flow forecasting system. Environmental Modelling & Software, v. 40, 65-77.

# **COMPARAÇÃO DA SIMULAÇÃO DETERMINÍSTICA E POR ENSEMBLE DA PRECIPITAÇÃO GERADA POR SCMs NA REGIÃO DA BACIA DO PRATA**

**Daniel Caetano Santos<sup>1</sup>, Ernani de Lima Nascimento<sup>1</sup>**

danielcae@gmail.com

<sup>1</sup>Centro de Ciências Naturais e Exatas, Departamento de Física, Universidad Federal de Santa

Maria (CCNE/UFSM)

**Palabras clave:** Modelagem numérica, Análise Orientada a Objeto.

## **1) INTRODUÇÃO**

A Bacia do Prata desempenha um papel crucial para o balanço hidrológico da região subtropical da América do Sul em função da sua extensa área de cobertura e dos rios afluentes que a compõem (Berbery and Barros, 2002). No aspecto meteorológico, o sudeste da América do Sul é uma região amplamente conhecida pela grande frequência com que é atingida por sistemas convectivos de mesoescala (SCMs) de grande intensidade (Cecil and Blankenship, 2012; Zipser et al., 2006). Assim como em Berbery e Collini (2000), outros autores mostram a importante contribuição da precipitação dos SCMs para o ciclo hidrológico da América do Sul, em especial na estação quente do ano.

Uma vez que os fenômenos que acompanham os SCMs têm impacto sobre as atividades sociais e econômicas da Bacia do Prata, entender e prever a ocorrência destes SCMs são de suma importância. Neste contexto, modelos numéricos atmosféricos não hidrostáticos de área limitada representam uma ferramenta crucial para esta tarefa e com o aumento da capacidade computacional, tornaram-se possíveis simulações numéricas em resolução mais alta. Da mesma forma, este mesmo poder computacional, cria oportunidades para se explorar a previsão numérica do tempo (PNT) via a técnica de ensemble (ou "previsão por conjuntos") que requer diversas integrações numéricas do modelo atmosférico partindo-se de condições iniciais/de contorno perturbadas (Kalnay, 2003), ou utilizando-se diferentes parametrizações físicas (ensemble multifísico).

O objetivo deste trabalho é avaliar de maneira objetiva (através de uma verificação orientada a objeto) a destreza de simulações numéricas de SCMs sobre a região da Bacia do Prata comparando-se soluções determinísticas em escala de convecção semi-implícita e de um ensemble multi-físico em mesoescala empregando-se o modelo numérico atmosférico Weather Research and Forecasting (WRF) com o núcleo dinâmico Advanced Research (ARW). O ensemble multifísico consiste de simulações utilizando diferentes combinações de parametrizações de camada limite planetária, microfísica de nuvens e de convecção.

## **2) DADOS E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento deste trabalho foram empregadas as estimativas de taxa de precipitação provenientes do produto de sensoriamento remoto Merged Microwave do Climate Prediction Center (CPC) da NOAA (doravante chamado OBS) disponibilizadas com uma cobertura espacial com resolução de 0,25° e frequência temporal de três horas da taxa horária de precipitação (mm.h<sup>-1</sup>). O período da análise compreende as 48h dos ciclos de vida de cada um dos dois SCMs selecionados para este estudo, ocorridos nos dias 22 de outubro de 2008 (Caso 1) e 19 de janeiro de 2010 (Caso 2), com distintas forçantes sinóticas.

As simulações numéricas dos SCMs selecionados foram realizadas com o modelo numérico atmosférico ARW-WRF na versão 3.5.1. Nestas simulações foram utilizadas duas grades: uma primeira (grade-mãe) com espaçamento horizontal de 12 km (G12) cobrindo toda a extensão da Bacia do Prata. Esta grade foi empregada para as simulações do ensemble multifísico em escala meso e também como "grade mãe" para as simulações determinísticas na escala de convecção semi-implícita. Aninhadas na grade G12 em modo "one-way", as simulações com resolução mais alta foram conduzidas com espaçamento de 4 km (G04) cobrindo a região geográfica de formação, desenvolvimento e decaimento dos dois SCMs (Figura não mostrada). As condições iniciais e de contorno lateral da grade de 12 km foram provenientes dos dados do CFSR (SAHA et al., 2010) atualizadas a cada 6 horas de integração.



Para cada simulação na grade G12 uma combinação distinta das parametrizações de convecção cumulus (EPC), microfísica de nuvens (EMN) e camada limite planetária (ECL) foi empregada, totalizando-se dezoito simulações de onde obtém-se uma média de todas as simulações na grade G12 (ENS). Para a grade G04 foi feita a mesma combinação, com exceção da EPC que permaneceu desligada. A Tabela 1 lista os diferentes esquemas de parametrização física empregados.

Física	Esquema	Notação
EPS	Betts-Miller-Janjic	BMJ
	Kain-Fritsch	KF
	Grell-Freitas	GF
EMN	Milbrandt-Yau	MY
	Thompson	Th
	Lin et al.	Lin
ECL	Yonsei University	YSU
	Mellor-Yamada-Janjic	MYJ

*Tabela 1 – Esquemas de parametrização física empregadas nas simulações com o modelo WRF.*

Em Davis, Brown e Bullock (2006), são descritos os passos para o início da análise orientada à objetos onde, a partir do campo final da simulação numérica, é realizada a suavização do campo de precipitação com base nos pontos de grade no entorno de cada um dos pontos de grade. A seguir, é definido um limiar mínimo de precipitação de onde se produz uma “máscara” ressaltando somente as regiões de interesse (i.e., com precipitação acima do limiar). Finalmente esta máscara é sobreposta ao campo original de precipitação, e a verificação comparativa é realizada entre o objeto observado e o resultado das simulações, sendo analisadas as áreas dos objetos, distâncias de seus centróides e a intensidade da precipitação.

### 3) RESULTADOS E CONCLUSÕES

A maior deficiência das simulações, ao longo das horas de integração numérica, foi em representar objetos com atributos próximos aos observados. A abordagem do ensemble multi-físico teve melhor desempenho que a maioria das simulações determinísticas G04 na representação das áreas e intensidades dos objetos de chuva para os dois casos (Figura não mostrada). Para a precipitação total acumulada ao final das 36h de integração (Figura 1), as áreas dos objetos simulados nas duas grades mostraram-se diferentes do objeto correspondente no campo OBS (tracejado preto). A discrepância maior se deu com as simulações da grade G12, incluindo-se o objeto médio gerado pelo ENS (círculo vermelho). Em comparação, os objetos identificados em grande parte das simulações individuais da grade G04 apresentaram características mais próximas das observadas.

As distâncias entre os objetos simulados e os objetos observados foram levemente menores nas simulações da grade G04, principalmente para o Caso 2. As simulações das intensidades tiveram desempenhos equivalentes para ambos os casos: as intensidades foram superestimadas no Caso 1, enquanto que no Caso 2 prevaleceram subestimativas na grade G12 (em mais de 75% das simulações) e na média ENS, e superestimativas na grade G04.

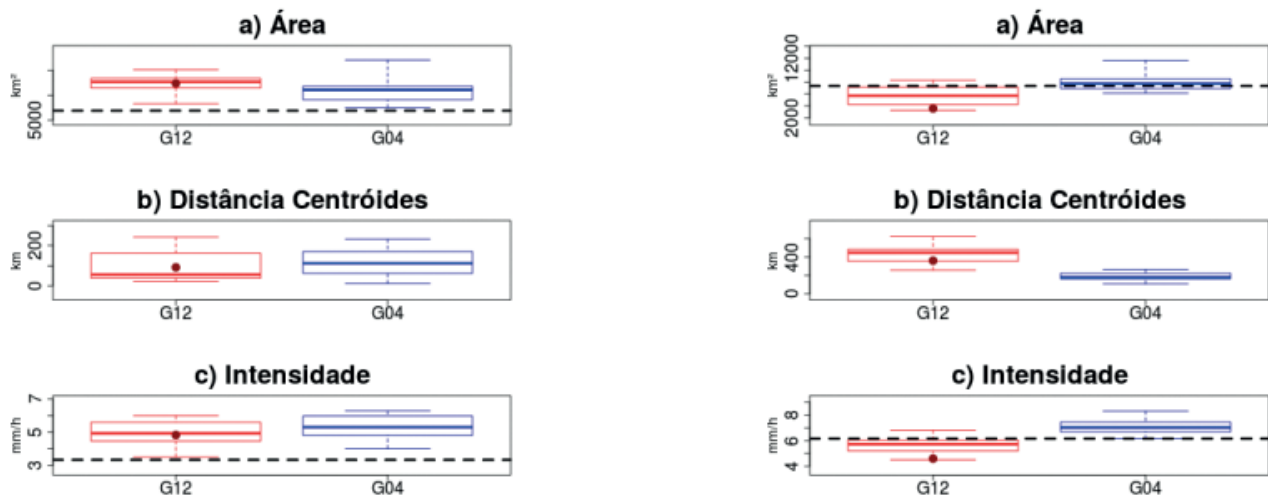


Figura 2 - Verificação orientada a objeto para a precipitação acumulada no período de 36h compreendido entre as 00Z de 21/10/2008 e 12Z de 22/10/2008 (esquerda, Caso 1) e entre as 00Z de 18/01/2010 e 12Z de 19/01/2010 (direita, Caso 2). Os atributos avaliados referem-se aos objetos identificados no campo OBS (tracejado) e nas simulações das grades G12 e G04 (boxplots vermelho e azul, respectivamente) utilizando-se o percentil 90% encontrado para a chuva no campo OBS. O ponto vermelho indica a média do ensemble das simulações da grade G12.

Com a escolha de eventos de SCMs em condições sinóticas diferentes, pode-se observar distintas características na simulação dos sistemas. Por tratar-se de um estudo com um número limitado de eventos, os resultados não são conclusivos, porém a consonância com estudos prévios fazem com que alguns pontos possam ser considerados: (1) o uso de ensemble apresentou resultados satisfatórios na identificação de áreas de ocorrência significativa de precipitação quando tratado hora-a-hora e; (2) sob uma condição sinótica fraca, as simulações G04 tiveram um desempenho sensivelmente melhor do que as de grade menos refinada.

## REFERÊNCIAS

- Berberly, E. and Barros, V., 2002:** The hydrologic cycle of the La Plata basin in South America. *Journal of Hydrometeorology*, v. 3.
- Berberly, E. and Collini, E., 2000:** Springtime precipitation and water vapor flux over southeastern South America. *Monthly Weather Review*, v. 128.
- Cecil, D. and Blankenship, C., 2012:** Toward a global climatology of severe hailstorms as estimated by satellite passive microwave imagers. *Journal of Climate*, v. 25, n. 2.
- Davis, C. et al., 2006:** Object-based verification of precipitation forecasts. Part I: Methodology and application to mesoscale rain areas. *Monthly Weather Review*, v. 134, n. 7.
- Kalnay, E., 2003:** Atmospheric modeling, data assimilation and predictability. [S.l.]: Cambridge university press.
- Saha, S. et al., 2010:** The NCEP Climate Forecast System reanalysis. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, v. 91.
- Zipser, E. et al., 2006:** Where are the most intense thunderstorms on Earth? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, [Lancaster, Pa., etc., American Meteorological Society], v. 87.

# LA PROTECCIÓN AERONÁUTICA A TRAVÉS DEL RE.M.I.S.

Cap. (Esp.) César Vecino<sup>1</sup>, Tte.2° (Esp.) Fernando Torena<sup>1</sup>, Sdo. 1° (S.G.) Gustavo Rodríguez<sup>1</sup>

cvecino@fau.mil.uy, ftorena@fau.mil.uy, gusta35@gmail.com

<sup>1</sup>Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea (S.M.F.A.)

**Palabras clave:** Receptor Imágenes Satélites, Meteorología Aeronáutica.

## 1) Introducción.

Los fenómenos meteorológicos adversos son un componente esencial en un proceso de toma de decisiones en las actividades aeronáuticas, y se debe tomar especial cuidado para así asegurar la integridad de la vida humana, el material aeronáutico y la protección de los bienes. La información que se obtiene para cumplir con dicha premisa debe ser oportuna, fiable y completa. Quienes asesoran en el ámbito de meteorología aeronáutica a los tomadores de decisiones, deben contar con herramientas que los ayuden, y para ello es indispensable dotarlos de tecnologías.

Una de las tecnologías fundamentales para realizar un seguimiento efectivo es un sistema de recepción de imágenes satelitales propio. Es indispensable que la protección se lleve adelante sin interrupciones ni depender de terceros, y el sistema meteorológico satelital GEONETCast cumple con los requisitos abordados.

## 2) Características del Receptor Meteorológico de Imágenes Satelitales (RE.M.I.S.) del Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea.

Se trata de un sistema satelital solidario y de bajo costo. Solidario porque países que tienen sistemas satelitales complejos y costosos, retransmiten la información que reciben a único satélite y de bajo costo por los económicos de los componentes necesarios para recibir la data del satélite receptor. Apoyado y creado por la O.M.M., y en América es ejecutado a través de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (N.O.A.A.), perteneciente a los Estados Unidos de América. Utiliza imágenes que son tomadas a través del Goes-R, como también por satélites polares, y luego de realizar un procesamiento y gestión de calidad son reenviadas al satélite Intel- Sat 21.

Uruguay cuenta con 4 estaciones receptoras del Sistema GEONETCast, siendo la única enfocada a la aeronáutica y que procesa todos los servicios de dicho sistema la del SMFA (número 86).



Figura 1. Sistema satelital integrado

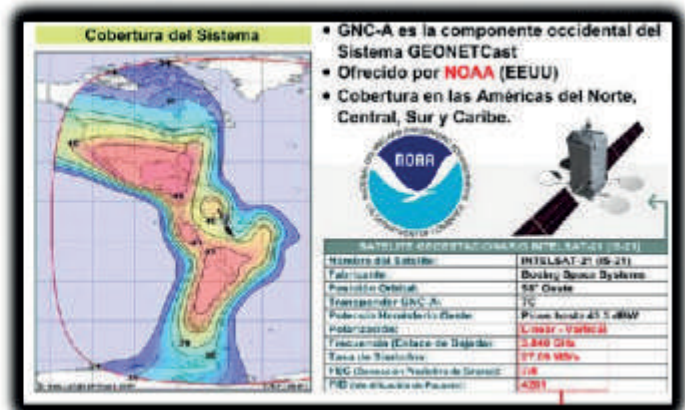


Figura 2. Cobertura del Sistema GEONETCast

### 3) Componentes del RE.M.I.S. del S.M.F.A.

El sistema está comprendido por cuatro componentes, antena, receptor satelital, LNB y software de gestión.

**Antena:** de preferencia sólida y de un diámetro de 2,4 metros o superior.

**Receptor Satelital:** puede ser exterior o placa interna para una PC. Se aconseja por su alta prestaciones que sea exterior.

**LNB:** Pieza fundamental que permite recibir la señal desde el satélite y la transmite a través del cable al receptor. Se recomienda Norsat 3525, C-Band (3.4-4.2 GHz) PLL LNB.

**Software:** El software de gestión es el FAZZT Profesional Client, de la empresa Kencast. Equipo de altas prestaciones con 8GB de Ram y disco SSD de 2 TB.

La visualización de sistema para su consulta es por web, a través de usuario y contraseña. Puede ser consultado por todos los integrantes de la Fuerza Aérea y es utilizado para misiones aéreas en el país, como también en vuelos al exterior, destacándose los vuelos Antárticos, Misiones Oficiales de Autoridades Políticas. La cobertura de imágenes es del todo el globo terráqueo, pero con imágenes de mayor actualización en las Américas.

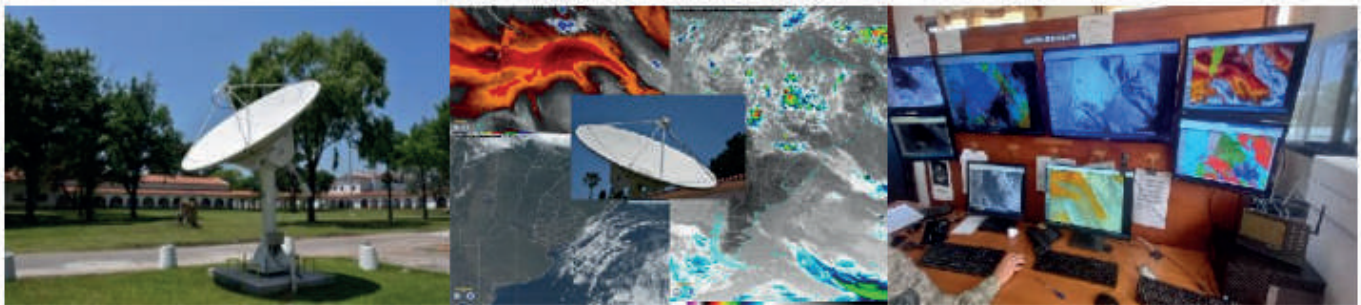
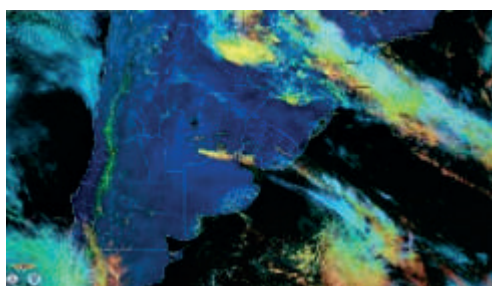
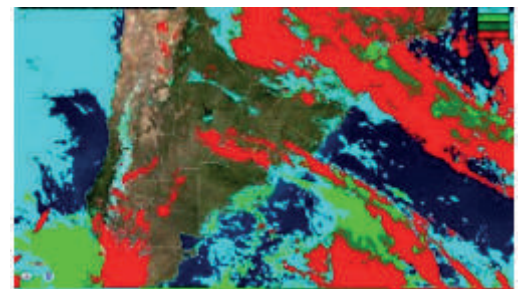


Figura 3 Imágenes del Sistema RE.M.I.S. operando en el S.M.F.A.

### 4) Imágenes y filtros utilizados para la protección meteorológica aeronáutica

El sistema se caracteriza por ser polivalente, con un gran número de imágenes de satélites geoestacionarios como también polares, además de incluir recepción de cartas meteorológicas pronosticadas y de ploteo, mensajes meteorológicos aeronáuticos (metar, speci, taf, sigmet, avisos de aeródromos) y productos de monitoreo medioambientales. Algunos filtros usados para la protección meteorológica aeronáutica son Cloud Top Phase, Day Cloud Phase, Day Convection y Nigth Microphysics.

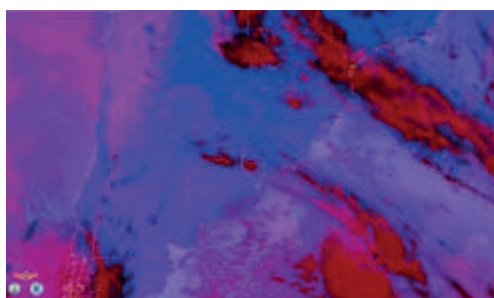
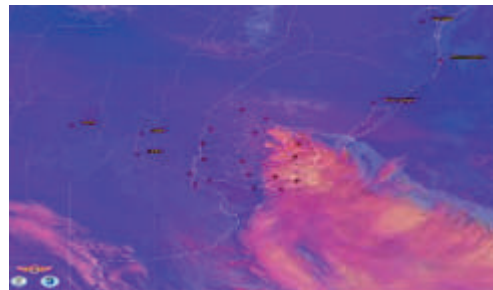
**Cloud Top Phase:** Utiliza cuatro bandas espectrales infrarrojas GOES-R ABI para determinar fases diferentes de nubes: agua líquida cálida (>0C), agua líquida sobre enfriada, mixta y hielo. Permite a los meteorólogos monitorear y rastrear mejor los cambios en las propiedades del agua de las nubes, mejorar los pronósticos de formación de hielo. El engelamiento es la principal causa meteorológica de accidente aéreo (36%) en los últimos 30 años y, además, es la única que ha mantenido la cuota de accidentes a lo largo del tiempo, lo cual indica que probablemente sea el problema al que mayor atención deba prestarse.



**Day Cloud Phase:** Utilizado para evaluar la fase de enfriamiento de las cimas de las nubes. Indica el inicio de la convección, el crecimiento de la tormenta y el decaimiento o para identificar la nieve en el suelo. Aprovecha las diferencias de reflectancia de la nube entre los canales visibles e infrarrojos cercano y las variaciones de temperatura entre la tierra y las nubes en el infrarrojo para proporcionar un mayor contraste entre las superficies de fondo y las fases de nubes (es decir, agua frente a hielo). Se utiliza para monitorear cuando las nubes están rompiendo la capa de cobertura estable. Los cúmulos en transición de tonos claros a tonos verdes y amarillos más intensos indican un desarrollo vertical y

un aumento del hielo en las nubes que se observa con tormentas fuertes. Las señales de corrientes ascendentes y topes en ascenso ayudan a evaluar la evolución de una tormenta. Se utiliza complementariamente con otras herramientas como ser detectores de rayos o el GLM del Goes 16 para evaluar el desarrollo de la convección en sus diferentes escalas espacio- temporales.

**Day Convection:** Filtro para identificar las corrientes convectivas ascendentes fuertes y las partículas pequeñas de hielo. Aumenta la capacidad para identificar características de severidad en las tormentas. La convección fuerte es de color amarillo brillante. Además, se puede diferenciar convección nueva de la madura: la madura o en disipación tiene colores naranjas y rojos, dependiendo de la cantidad y tamaño de partículas de hielo. De aplicación con luz solar, al depender de la reflectancia de los canales visibles y IR cercano. Se complementa este filtro con el Day Cloud Phase para evaluar potencialidad en los cúmulos a desarrollarse.



**Night Microphysics:** La distinción entre nubes bajas y niebla en las imágenes satelitales son a menudo un desafío. Mientras que las diferencias en los canales 10.4 y 3.9  $\mu\text{m}$  han sido un producto aplicado regularmente para cumplir necesidades de pronóstico de aviación, la Night Microphysics (NtMicro) RGB agrega otra diferencia de canal (12.4-10.4  $\mu\text{m}$ ) utilizado para determinar el espesor de la nube. Utilizado para identificar nubes bajas y análisis de niebla: nubes bajas y la niebla se ven en un color aguamarina en ambientes cálidos, pero se vuelve más amarilla a verde claro en ambientes más fríos (es decir, disminución del componente azul). Diferenciar la niebla de las nubes bajas: la niebla tiende a aparecer "gastado" en comparación con las nubes bajas.

Entonces busque niebla para tener una coloración menos brillante o casi gris. Análisis eficiente de la nube: el multicanal enfoque del RGB permite fácil y rápido discriminación de tipos de nubes en las imágenes. Unos de los desafíos en la noche para la detección de nieblas y estratos bajos en la vigilancia meteorológica aeronáutica, este filtro nos permite realizar una visualización más eficiente de las nubes por debajo de la capa límite. Prevención de las nieblas de advección ante la detección en forma temprana de la misma sobre los cuerpos de agua.

## REFERENCIAS:

- Estaciones operativas del Sistema geonetcast: <https://geonetcast.wordpress.com/stations-gallery/>
- [https://rammb.cira.colostate.edu/training/visit/training\\_sessions/goes\\_r\\_abi\\_water\\_vaporbands/spanish\\_original/presentation\\_html5.html](https://rammb.cira.colostate.edu/training/visit/training_sessions/goes_r_abi_water_vaporbands/spanish_original/presentation_html5.html)
- <http://modelo-fau.ddns.net/SHOWCast/SHOWCast.html>

# **EL SERVICIO METEOROLÓGICO DE LA FUERZA AÉREA Y EL MONITOREO DE LA CAPA DE OZONO EN LA BASE CIENTÍFICA ANTÁRTICA ARTIGAS.**

**Cap. (Esp.) César Vecino<sup>1</sup>**

cvecino@fau.mil.uy

<sup>1</sup>Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea (S.M.F.A.)

**Palabras claves:** Ozono, radiación ultravioleta, Observatorio Atmosférico.

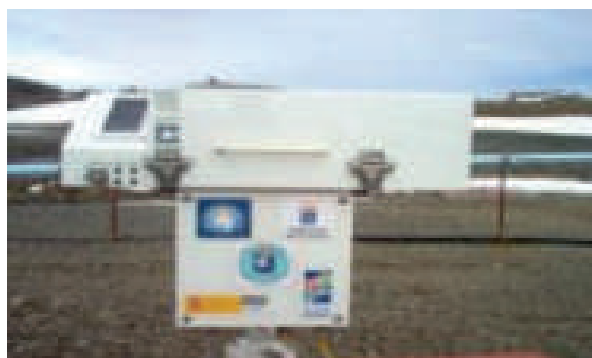
## **1) Introducción.**

A Nivel Internacional desde la década de los 80, primeramente, el ámbito científico, observando, estudiando, analizando y dando las alarmas del efecto del debilitamiento de la Capa de Ozono y luego el sistema político, que haciendo eco de los reclamos de la comunidad científica y de la sociedad organizada, coordino y elaboró a través de las Naciones Unidas una documentación para evitar el debilitamiento de la capa de ozono, logrando en el año 1987 con el Protocolo de Montreal-Canadá, el compromiso de los países integrantes de las Naciones Unidas de dejar de liberar los gases que desfavorecen la formación de ozono. En sucesivos años, el Protocolo de Montreal fue ajustado y enmendado en varias oportunidades, siendo su última actualización en el 2016, en Kigali-Ruanda. Uruguay, promulga el Protocolo de Montreal en la Ley 16.157 de fecha 12/11/1990 y su última actualización del año 2016 en la Ley 19.644 del 27/06/2018.

El 28 de abril de 1998 y tras el interés de apoyar a la comunidad científica en el monitoreo de la Capa de Ozono en la Antártida, nace el Monitoreo en la Base Científica Antártica Artigas, Isla Rey Jorge - 25 de Mayo - Shetland del Sur (62°11 05 S 58°54 12 O), tras un convenio entre el Ministerio de Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente y el Instituto Antártico Uruguayo, siendo su ejecutor y gestor el Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea.

Desde el año 1998 hasta el año 2014 se realizaron varias campañas de Monitoreo de la Capa de Ozono y Radiación Ultravioleta, colaborando con la WOUDC (Centro de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta) y con la OMM (Organización Meteorológica Mundial) con el Número de Estación Ozonométrica 351, única estación ozonométrica habilitada en Isla Rey Jorge-25 de Mayo para formar parte de la red de Monitoreo en la Antártida.

## **2) El equipo de medición y las distintas campañas de medición de ozono y radiación ultravioleta en la Base Científica Antártica Artigas (B.C.A.A.).**



Mediante un software de control permite la realización de mediciones las 24 horas para ángulos cenitales seleccionados tanto para luz solar directa, cenital y lunar siendo Integrado por un trípode ubicado sobre una base, sobre el mismo se sitúa el tracker, que es el sistema de orientación, y encima del tracker el espectrofotómetro, el sistema que toma las mediciones de O<sub>3</sub> en UD y UV-B en joules/m<sup>2</sup>.

*Figura 1. Equipo Brewer MKIV en la BCAA*

Asociado a la medición de ozono y uv, operó de forma ininterrumpida una estación meteorológica automática experimental integrada por sensores de viento Vaisala discontinuado calefaccionados eléctricamente y sensores arduino. El mismo además de registrar instantáneamente parámetros meteorológicos, realizó registros automáticos cada 5 minutos como también visualización de las condiciones a través de un gif realizado con cámara anexado a la estación. Desarrollada por técnicos de Nimbus Weather Services y el S.M.F.A.



*Figura 2. Estación Automática Arduino*

### **Primer Campaña de Monitoreo (1997-2002)**

Hasta el año 2002, la Estación Ozonométrica N° 351 "Isla Rey Jorge", envió en forma regular los datos obtenidos y estudios realizados por los técnicos del SMFA y el MVOTMA, a varios organismos nacionales e internacionales

### **Segunda Campaña de Monitoreo (2007- 2009)**

En diciembre del 2007 se reinician las actividades, al lograr un acuerdo de cooperación con Gobierno de Canarias y el apoyo técnico de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de España, a través de su Laboratorio Atmosférico de Izaña en Tenerife. Se comienza un nuevo protocolo de trabajo, comparando el dato en la vertical de la B.C.A.A. con la sonda satelital TOMS/OMI (NASA) y el envío de información al WOUDC, División de Investigaciones Atmosféricas de la OMM y a la Red de Espectrofotómetros Brewer IBERONESIA

### **Tercer Campaña de Monitoreo (2012- 2015)**

Se logra la independencia económica con el apoyo económico de Laboratorios Dermur y con se continúa con el asesoramiento técnico del Observatorio Atmosférico de Izaña-Islands Canarias. En este período se continuó con el intercambio a Organismos Internacionales dedicados a la Protección Medioambiental, destacándose las Publicaciones que realiza en forma Trimestral la O.M.M. en relación al debilitamiento de la Capa de Ozono Austral, donde destaca la estratégica ubicación del equipo en la Isla Rey Jorge para demarcar el límite septentrional y desplazamiento del comportamiento temporal del debilitamiento de la capa de ozono.

Figura 3: Equipos de las Campañas de monitoreo de la capa de Ozono en la BCAA en el período 2012-2015

Figura 4: Evolución anual de ozono en Unidades Dobson en donde se constata el debilitamiento de la capa de ozono en el período comprendido entre el día Juliano 210 y 330, posterior a la disipación de las nubes estratosféricas polares formadas por los HFC.

## **3) Futuro del Monitoreo de la Capa de Ozono y Radiación Ultravioleta.**

La capa de Ozono y la Radiación Ultravioleta tiene consecuencias directas en las enfermedades como cataratas y cáncer de piel en la población del Uruguay. Consecuencia de la liberación de forma descontrolada desde la década de los 70 de HFC, determinó que nuestras latitudes sean uno de los tantos lugares que son seriamente afectados. El polo frío a nivel planetario se ubica en el Polo sur, y estos gases a temperaturas inferiores a -75 °C (temperatura promedio de la Estratósfera), se condensan y forman en el período invernal nubes estratosféricas polares. En el período estival, con el aumento de la temperatura de la Estratósfera, son liberados los HFC de forma abrupta, evitando la natural formación de Ozono estratosférico.

En consecuencia, es de vital importancia que se aúnan esfuerzos para lograr tanto en la B.C.A.A. como en el Uruguay, un monitoreo continuo con la formación del Observatorio Atmosférico, aprovechando el Dobson que se encuentra en Salto, que es operado por técnicos del INUMET, el Brewer operado por técnicos del S.M.F.A., y con el apoyo técnico del Observatorio Atmosférico de Izaña del AEMET. Éste último es, sin lugar a dudas un ejemplo a seguir, en cuanto al equipamiento tecnológico que utilizan como también con la experiencia técnica y científica en el monitoreo de los gases atmosféricos y sus efectos a la salud humana.

## **REFERENCIAS**

**Poster OMM 2009** [https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Poster\\_OMM-2009.pdf](https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Poster_OMM-2009.pdf)

**Poster AEMET-Canarias 2014** [https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Poster\\_AEMET-Canarias-2014.pdf](https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Poster_AEMET-Canarias-2014.pdf)

**Poster SCAR 2010** [https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Poster\\_SCAR-2010.pdf](https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Poster_SCAR-2010.pdf)

**Boletín Aemet 2014** [https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Boletin\\_AEMET\\_SET\\_2014.pdf](https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Boletin_AEMET_SET_2014.pdf)

**Boletín Atártico de Ozono Set-2014** [https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Ozone\\_OMM\\_Set-2014.pdf](https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Ozone_OMM_Set-2014.pdf)

**Boletín Antártico Ozono Oct-2014** [https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Ozone\\_OMM\\_Oct-014.pdf](https://meteo.fau.mil.uy/Ozono/Ozone_OMM_Oct-014.pdf)

# **VALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS EVENTOS CLIMÁTICOS EL NIÑO E LA NIÑA NA BACIA DO RIO IBIRAPUITÃ NO MUNICÍPIO DE ALEGRETE-RS**

**Thiago Ferreira Gomes<sup>1</sup>, Rafael Maroneze<sup>1</sup>, Luis Eduardo Medeiros<sup>1</sup>, Felipe Denardin Costa<sup>1</sup>, Ronald Willian Assunção da Silva<sup>1</sup>, Ary Goulart Fraga<sup>1</sup> e Vinicius Leonardo Weiler<sup>1</sup>**

thiagogomes.aluno@unipampa.edu.br.  
<sup>1</sup>Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

**Palavras-chave:** Fenômenos atmosféricos; Precipitações; Variação temporal.

## **1)INTRODUÇÃO**

Debate-se muito, correntemente, que ao longo dos anos muitas cidades encontradas dentro das principais áreas de alguns lugares sofrem com as grandes inundações, que acarretam diversos problemas em localidades ribeirinhas. Com ocorrências de grandes eventos de precipitações por fenômenos que surgem nessas áreas como anomalias pelos efeitos na mudança de temperatura da superfície da água do Oceano Pacífico Equatorial, que causa diversas alterações climáticas em locais tropicais (Seongsuk, 2018). Os eventos característicos do El Niño e La Niña causam alterações diferentes sobre as regiões que afetam o oceano, sendo avaliado que um dos fenômenos realiza um aquecimento na superfície e o outro faz com que haja um resfriamento da mesma, respectivamente. Em estudos realizados, historicamente, os problemas eram considerados em fatores que aplicavam apenas ao fenômeno El Niño, pela sua grande ocorrência em episódios com maior degradação através de grandes precipitações e suas severas condições climáticas, e estudada a conjunção dos dois eventos, ao ano de 1980 (Okumura y Deser, 2010). O National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) é quem estuda essas diferenças e as classifica, através dos fenômenos do índice El Niño/Southern Oscillation (ENSO), com ligações globais nessas condições atmosféricas através de variações sonoras no Nino Index Regions (Cook y Schaefer, 2008). Em face do cenário atual, com a quantidade exacerbada de precipitações em localidades topograficamente próximas às margens de rios, afeta-se o grande aumento da cota d'água nesses territórios. E um dos principais fatores é o escoamento superficial, pois denota-se que este é acumulado em locais com grandes concentrações de água, havendo relação ao tipo de solo e eventos antrópicos encontrados na região (Liang y Xie, 2022). Possibilitando a poluição por contaminantes presentes no solo e sedimentos das zonas urbanas, que muitas vezes não são submissos a intervenção de práticas no controle de inundações (Fan y otros, 2021). Embora esses aspectos, o intuito da pesquisa é apresentar uma análise relacionada às épocas de maiores inundações, relacionadas aos fenômenos climáticos constituintes da bacia do rio Ibirapuitã, utilizando uma análise estatística qualitativa e quantitativa sobre as amostras.

## **2)METODOLOGIA**

A bacia do Rio Ibirapuitã está localizada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, com direção sul-norte entre os municípios de Alegrete, Rosário do Sul, Quaraí e Sant'Ana do Livramento, com uma extensão aproximada de 250 km em seu fluxo fluvial em que 180 km se encontram no município de Alegrete, com nível médio anual de 3,40 m e vazão média de 143,14 m<sup>3</sup>/s, por dados disponibilizados. Com o programa Rstudio e os dados fluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA), foram organizados os procedimentos efetuados para a aplicação do cálculo dos seus valores finais para a forma estatística, mais voltados para a região em torno a área urbana, destacando quais são as precipitações máximas que ocorrem, pela conformidade desses fenômenos climáticos. Nos quais foram efetuadas práticas para a geração de gráficos em representação dos dados que constituem a área estudada, com relação à quantidade de chuva captada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que está localizada no limite político do município de Alegrete. No ambiente do Rstudio foram separadas as precipitações acumuladas obtidas de 5 em 5 dias, a partir do ano de 2011 até o ano de 2021, contabilizando 10 anos para a aplicação da quantidade e a variação das chuvas sobre a região em fator dos fenômenos atmosféricos, checando sua ocorrência pelo Índice de Precipitação Padronizado (SPI), por se tratar de uma série temporal com condições úmidas. Na sequência foi verificada a influência da vazão, que agrega na quantia de água que está instalada em períodos de cheia no limite urbano, causando um acúmulo que não pode ser despejado no seu próximo leito pelo seu curso ambiental.

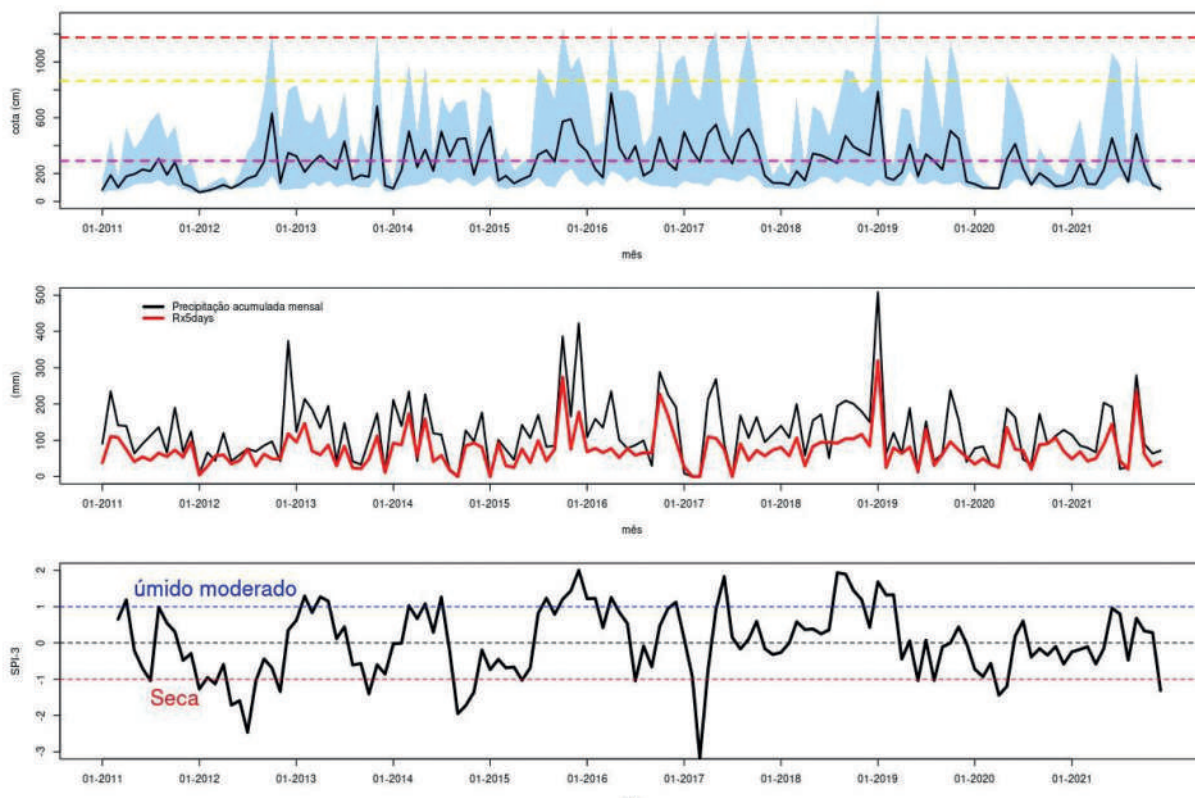
## **3)RESULTADOS**

Ao aplicar-se os dados, foram estabelecidas as médias em relação às cotas, precipitação e o SPI, que efetuam uma curva de formação significativa aos fenômenos climáticos e a caracterização dos mesmos. Sua variação assimila os fatores



aplicados em ambiente programável para a onda de relação ao Multivariate Nino Index na região 4, que apresenta eventos sobre a bacia, que foram validados pelo NOAA. O município de Alegrete foi afetado por uma das maiores cheias nesse período ao ano de 2019, através de avaliações históricas, que no mês de janeiro, apresenta uma anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) em escala próxima a 1, causando efeitos com anomalias de maior grau, causando diferenças na atmosfera, que demonstra uma influência oceânica. A variação da cota, se dá pela quantidade de precipitação que percorre até o segmento da bacia, que eleva o seu nível e altera a quantidade da água que causa uma menor vazão e um maior número de cheias em algumas regiões, comparando a quantidade de precipitações que ocorreram nesse intervalo de tempo, com sua representação dos fatores associados aos fenômenos climáticos.

**Figura 1.** Análise do processamento da cota, precipitação e STI-3 da estação fluviométrica.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2022). A partir dos dados da ANA no programa Rstudio.

As cores apresentadas na figura que representa a cota do rio, são identificadas como, a média mensal (preta), máximos e mínimos das cotas (azul), percentil de 99% dos eventos extremos (vermelha), percentil de 95% (amarelo) e a média histórica dos dados da ANA (magenta). Através dessas formações, foram determinados os meses que mostram maiores tendências, sendo que os fenômenos ocorreram com maiores precipitações em dezembro, janeiro e fevereiro, que alternam de quente e chuvoso para o El Niño e episódios mais frios no La Niña, em que os fatores extremos influenciam em suas características. Os tempos de estiagem maiores seguem após a troca dos fatores climáticos que efetuam pressão sobre a região, em relação ao período dos fenômenos, podendo haver diversas alterações no clima e tempo de determinados locais. Comparando os eventos, podemos checar que essas variações favorecem alguns territórios pelo dimensionamento de precipitações que são descarregadas na medida correta para uma hidratação do solo, mas essas medidas, em alguns casos, extrapolam e causam um encharcamento do ambiente, com grandes porcentagem d'água. E sempre deve ser analisada a sua trajetória inteira, pois são necessárias pesquisas em todo do percurso da bacia, principalmente no seu deságue, pela ligação de algumas bacias em outras.

#### 4) CONCLUSÕES

A causa desses fenômenos climáticos provém de fatores naturais, não sendo adicionados alguns precedentes que estão presentes na atmosfera, como a consequência da influencia humana, que não caracteriza perdas que podem vir a ocorrer com os grandes índices de precipitação. Serão necessários mais estudos sobre o El Niño e La Niña em todas as regiões, no investimento de novas tecnologias e no estudo de problemas que podem causar consequências irreversíveis com o aumento de cheias. Com esses estudos, podemos analisar que as áreas de concentração estão

ao sul e no nordeste do Brasil, não sendo um ocorrência distanciada, pelos vastos acontecimentos em todas as regiões do planeta. Os autores lembram que o estudo desses fenômenos estão em fase inicial e que serão investidas mais análises e pesquisas em torno desses eventos, além de melhores compreensões sobre as demais bacias hidrográficas que possuem as mesmas influências climáticas, que venham a intervir na bacia do rio Ibirapuitã.

## REFERÊNCIAS

**Cook, A. R. y Schaefer, J. T., 2008:** The relation of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) to Winter Tornado Outbreaks, *Monthly Weather Review*, 136, 3121-3137.

**Fan, G., Lin, R., Wei, Z. Xiao, Y. Shangguan, H. y Song Y., 2021:** Effects of low impact development on the stormwater runoff and pollution control, *Science of the Total Environment*, 805, 1-14.

**Liang, X. Y. y Xie, Z., 2022:** A new surface runoff parameterization with subgrid-scale soil heterogeneity for land surface models, *Advances in Water Resources*, 24, 1153-1193.

**Okumura, Y. M y Deser, C., 2010:** Asymmetry in the Duration of El Niño and La Niña, *Journal of Climate*, 23, 5826-5843.

**Seongsuk, L. 2018:** Pacific Equatorial Sea Surface Temperature Variation During the 2015 El Niño Period Observed by Advanced Very-High-Resolution Radiometer of NOAA Satellites, *Journal os Astronomy and Space Sciences*, 35, 105-109.

# **IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS VIENTOS EXTREMOS QUE AFECTAN A URUGUAY**

**Valeria Durañona <sup>1\*</sup>, Gonzalo Perera <sup>2</sup>, Juan Piccini <sup>3</sup>, Mariana Molinari<sup>1,4</sup>, Andres Denis<sup>1</sup>**  
**\*valeriad@fing.edu.uy. Valeria Durañona.**

<sup>1</sup>Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (Fing, UdelaR)

<sup>2</sup>Modelización y Análisis de Recursos Naturales (CURE, UdelaR)

<sup>3</sup>Instituto de Matemática y Estadística (Fing, UdelaR)

<sup>4</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (Fcién,UdelaR)

**Palabras clave:** Eventos sinópticos, eventos no sinópticos

## **1) INTRODUCCIÓN**

Los eventos de vientos extremos en Uruguay provocan interrupciones y daños en los sistemas de distribución y de transmisión de energía eléctrica, generan grandes pérdidas económicas en el sector agroindustrial, provocando daños en distintos cultivos, árboles frutales y montes forestales; afectan a una variedad de estructuras tales como antenas, silos, muelles, galpones, invernaderos, y generan situaciones de riesgo a nivel peatonal y en la operación de puertos, entre otros problemas.

Para mitigar las pérdidas por vientos extremos se puede por ejemplo diseñar las estructuras para que soporten velocidades de viento que se dan con determinados periodos de retorno (por ejemplo, 20 años, 50 años, etc), u ofrecer seguros de viento con primas calculadas utilizando dicha información. De ahí la importancia de conocer la probabilidad de ocurrencia de tales eventos y la distribución geográfica de los mismos.

## **2) OBJETIVOS**

Esta investigación busca identificar los eventos de viento con velocidad máxima diezminutal (velocidad de ráfaga) superiores a 22m/s intentando caracterizar las condiciones meteorológicas asociadas; explorar la importancia relativa de los vientos sinópticos y no sinópticos como causales de estas incidencias, así como la posibilidad de que diferentes regiones del país exhiban comportamientos distintos.

## **3) DATOS**

Se utilizaron datos de anemómetros de cazoletas pertenecientes a la red de UTE-Eólica (Figura 1). La descripción de esta red se puede encontrar por ejemplo en Cornalino y Draper (2012). Estos anemómetros se encuentran instalados en torres, a alturas que van desde los 10 a los 110m, teniendo generalmente dos anemómetros a cada altura, para que en conjunto con una veleta que se encuentra junto a ellos, se tome la lectura del anemómetro no afectado por la presencia de la torre. Para este trabajo se utilizó la velocidad media y máxima (de ráfaga) que estos registran cada 10 min. Para llevar todas las medidas a una misma altura, se calculó la velocidad que se tendría a 45m mediante interpolaciones, o extrapolaciones cuando fue necesario.

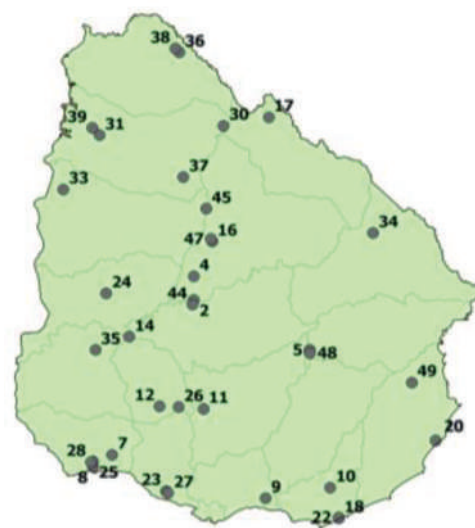
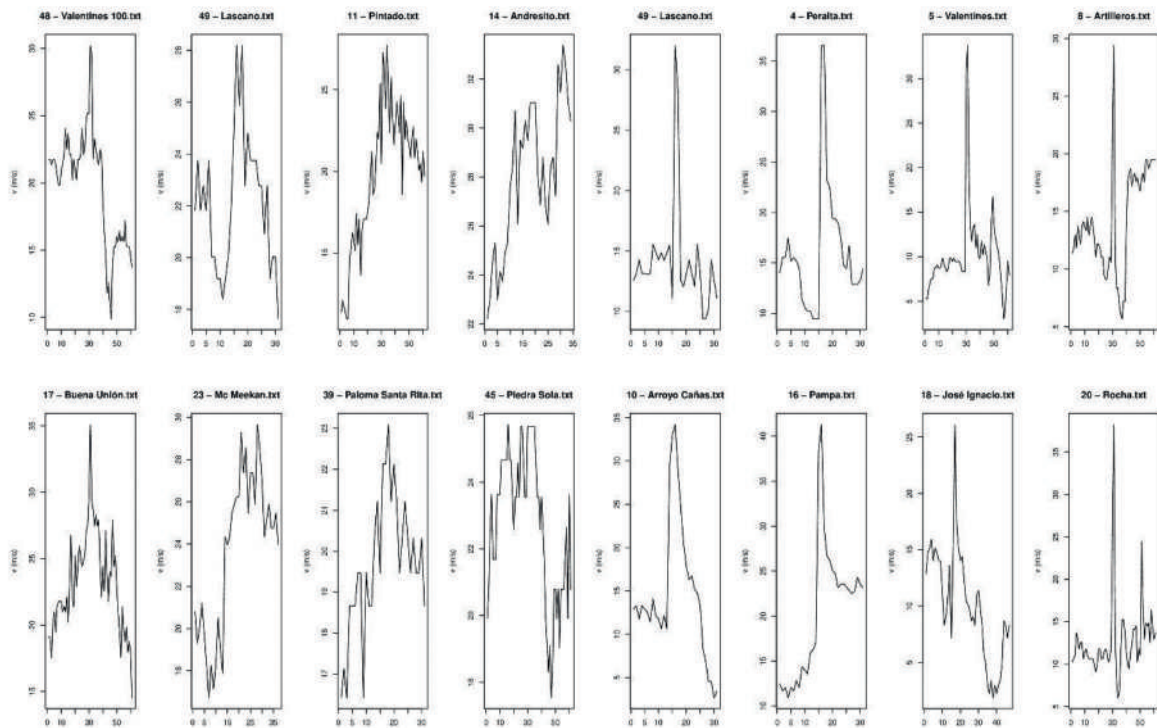


Figura 1: Ubicación de Estaciones de la Red UTE-Eólica utilizadas en este estudio.

#### 4) METODOLOGÍA y RESULTADOS

Utilizando mediciones de estaciones de la red de UTE-Eólica distribuidas a lo largo del país (Figura 1), y observando las características de las curvas de las velocidades de ráfaga diezminutales en función del tiempo, se pudo clasificar cada evento de viento que superaba los 22 m/s en dos grupos que denominaremos sinóptico o no sinóptico (Figura 2). Los primeros los asociamos a fenómenos meteorológicos de gran porte en lo espacial y temporal, como ser los ciclones extratropicales, o configuraciones particulares de sistemas de alta y de baja presión; mientras que los segundos generan vientos fuertes de carácter local y de menor duración en un sitio fijo, tales como los producidos durante el pasaje de un frente por una estación meteorológica, o los generados por corrientes descendentes desde nubes de tormenta.

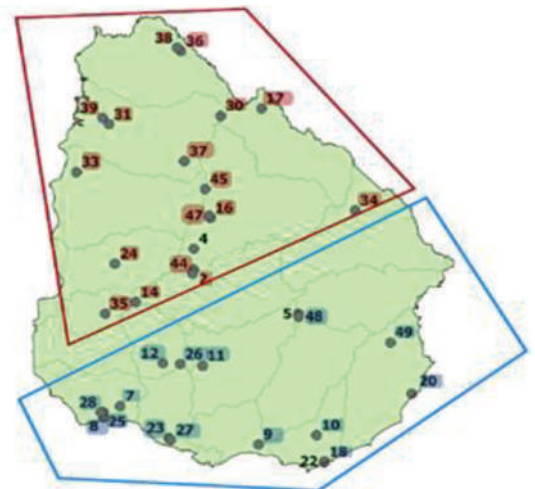


**Figura 2:** Curvas de ráfagas diezminutales a lo largo de 10 horas, centradas en la ráfaga máxima. A la izquierda se muestran 8 curvas correspondientes a eventos sinópticos, y a la derecha, 8 correspondientes a no sinópticos.

Se encontraron dos grandes regiones (Figura 3) que se diferencian en su clima de vientos extremos, validadas estadísticamente. Estas regiones se diferencian tanto en el tipo de evento de viento extremo que se registra con mayor frecuencia, como en la frecuencia de ocurrencia de los mismos.

Esta regionalización presenta diferencias importantes con la regionalización indicada en el mapa de vientos extremos de la norma uruguaya UNIT 50:84 "Acción del viento sobre las construcciones". Esta norma es la referencia oficial nacional para diseñar o verificar estructuras en función de los vientos más fuertes.

La estadística encontrada para cada región también difiere de los valores sugeridos por la norma uruguaya UNIT 50:84 para el diseño o verificación de estructuras.



**Figura 3:** Regiones climáticas mentehomogéneas respecto de sus vientos extremos

## 5) CONCLUSIONES

Se detectaron diferencias geográficas significativas en las condiciones meteorológicas que afectan al país, identificándose dos regiones (norte/sur), afectando en mayor medida los eventos sinópticos la región sur y los no sinópticos la región norte. Además, se registraron valores de velocidad de viento mayores y más frecuentes en la región norte. Los vientos fuertes no sinópticos fueron más intensos, con ráfagas máximas promedio de 36.5m/s, mientras que los eventos sinópticos presentaron ráfagas máximas promedio de 31.4m/s.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE) por brindarnos los datos utilizados en este estudio, y a la ANII (Agencia Nacional de Investigación e Innovación) por haber financiado este proyecto, (ANII FSE 144977) sin los cuales no habría sido posible su ejecución.

## REFERENCIAS

**Cornalino, E.; Draper, M. 2012** Planning the Distribution of Wind Farms in Uruguay in Order to Optimize the Operability of Large Amounts of Wind Power. Available online: [www.fing.edu.uy/cluster/eolica/public/Cornalino\\_Draper\\_EWEC2012\\_FINAL.pdf](http://www.fing.edu.uy/cluster/eolica/public/Cornalino_Draper_EWEC2012_FINAL.pdf) (Acceso 11-05-2022).

**Almaraz, I., Rava, F., June 9, 2015.** Efecto de los vientos extremos en la red de distribución aérea de UTE. Presentación oral en: International Workshop on Analysis of Extreme Winds Effects: Australian Experience and its Application to Uruguay. Facultad de Ingeniería, UdelAR, Montevideo, Uruguay.

**CPTEC/INPE:** Database of weather charts at various vertical levels. Available from: <http://img0.cptec.inpe.br/~rgptimg/Produtos-Pagina/Carta-Sinotica/Analise/>.

**CPTEC/INPE:** Database of GOES 13 and GOES 16 satellites images, synoptic charts and weather reports, Centre for Weather Prediction and Climate Studies from the National Institute for Space Research. Available from: [http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes\\_anteriores.jsp?i=es](http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp?i=es).

**Department of Atmospheric Sciences - College of Engineering - University of Wyoming:** Database of atmospheric soundings. Available from: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.

**Durañona, V., 2014.** Revisión de la estadística y del mapa de vientos extremos establecidos en la norma de acción del viento uruguayo UNIT 50-84, XXXVI South American Workshop on Structural Engineering, pp. 13.

**Durañona, V., 2015.** The significance of non-synoptic winds in the extreme wind climate of Uruguay. In: 14th International Conference on Wind Engineering. Porto Alegre, Brazil, pp. 18.

**Durañona, V., 2016.** Tesis de Doctorado "Extreme Wind Climate of Uruguay". Facultad de Ingeniería, UdelAR, Montevideo, Uruguay, pp. 439.

**IAG-USP:** Sferics Timing and Ranging Network (STARNET). <http://www.zeus.iag.usp.br/>

**Reed, D.A., 2008.** Electric utility distribution analysis for extreme winds. J. Wind Eng. Ind. Aerod. 96, 123-140.

**UNIT:50-84, 1984. Norma:** Acción del viento sobre estructuras, Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT), Montevideo, Uruguay, pp. 119.

**Zipser, E.J., Liu, C., Cecil, D.J., Nesbitt, S.W., et al., 2006.** Where are the most intense thunderstorms on Earth? Bull. Am. Meteorol. Soc. 87, 1057-1071.

# **CENÁRIOS DE CLIMA FUTURO EM ÁREAS URBANAS: O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), GO**

**Sylvia Elaine Marques de Farias<sup>1</sup>, Mateus Neres de Brito<sup>1</sup>**

sylfarias@ufg.br, neres.mateus@ufg.br  
<sup>1</sup>LAP/IESA/Universidade Federal de Goiás

**Palavras chave:** Projeções climáticas, RCP, Pluviometria.

## **1) INTRODUÇÃO**

A Região Metropolitana de Goiânia (RMG) está inserida sob uma complexidade econômica, social e ambiental. Está inserida no centro do bioma Cerrado, cenário do agronegócio, da hidro energia e do desmatamento (Farias e Luiz, 2015; Farias, 2016). A sua ampliação para vinte municípios, foi objeto de estudo em uma parceria entre a Universidade Federal de Goiás (UFG) e Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA-GO). Acredita-se que a inserção de mais municípios na RMG tende a aumentar os impactos quanto às mudanças no uso, cobertura e impermeabilidade do solo, alterações e variabilidade nas variáveis climáticas que compõe a atmosfera urbana e regional causando transtornos ao meio ambiente e na população urbana. Assim como, no aumento da concentração de gases de efeitos estufa e aerossóis, devido as atividades humanas. Como consequência, acentuar os riscos de inundações, deslizamentos de terra, ondas de calor e limitações de fornecimento de água potável (Marengo, 2014; Ribeiro e Santos, 2019). Ainda, é possível correlacionar a sazonalidade climática com a propagação e disseminação de enfermidades na população urbana (IPCC, 2014; PBMC, 2014). Mediante o exposto, conforme o Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Goiânia (Goiás, 2019), quanto a análise dos impactos ambientais, existe uma necessidade de estudos sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a RMG e sua população. Assim como, avaliar cenários de projeções do clima para RMG, em diferentes períodos anuais.

## **2) METODOLOGIA**

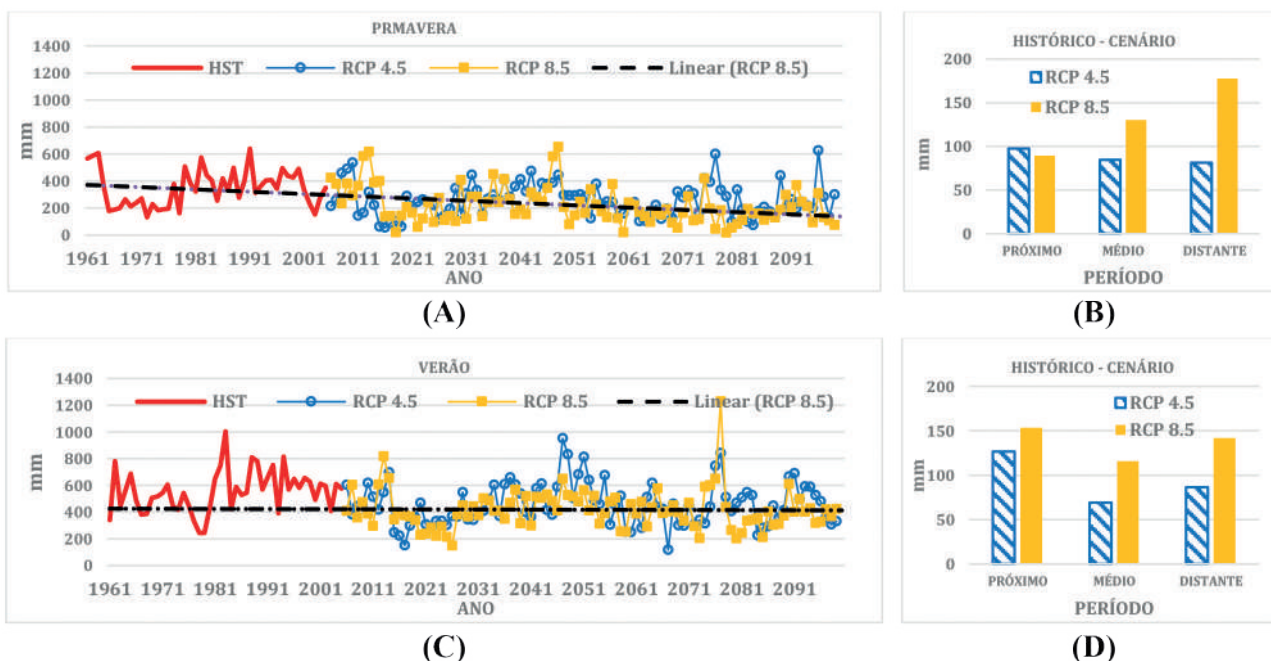
A Região Metropolitana de Goiânia (RMG) é composta por vinte municípios segundo a LCE nº 78 de 2010 (IPEA, 2015) correspondente a 2.173.141 hab, e uma área de 7.397,203 km<sup>2</sup>. Utilizou-se os dados as projeções decorrentes do Eta- HadGEM2-ES (CHOU et al., 2014) oriundos da plataforma Mudanças Climáticas no Brasil/INPE disponível no site (<http://pclima.inpe.br/analise/>) (INPE,2021). Como recorte da RMG foi utilizado a área correspondente as latitudes -17.27oSul e -16.12oNorte e longitudes -49.87o Oeste e -48.42 o Leste, considerando a sazonalidade (primavera e verão) para precipitação total e cenários RCP (Representative Concentration Pathways), RCP 4,5 e RCP 8,5 para dados históricos em três períodos distintos, próximo (2011 - 2040), médio (2041 - 2070) e distante (2071 - 2100).

## **3) RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A (Figura 1) apresenta a sazonalidade da climatologia da precipitação total, atual (histórico) e as projeções para o clima futuro para dois diferentes cenários, RCP 4,5 e RCP8,5 e a diferença entre a climatologia histórica e os períodos próximo, médio e distante. A região centro-oeste do Brasil se caracteriza por sazonalidades bem definida, um período seco e outro chuvoso. O período chuvoso de outubro a março corresponde ao período em que a população e o ambiente urbano são mais atingidas por tempestades, eventos extremos, ondas de calor e episódios de baixa umidade relativa do ar (Farias, 2016; Novais e Farias, 2021), causando desde prejuízos financeiros a adoecimento na população.

Ao longo do período (Figura 1 A e C) observa-se que em ambos os cenários ocorre diminuição da precipitação total, mais significativamente no período próximo (2011 - 2040), tanto na primavera quanto no verão. Em ambas as estações o cenário RCP 8,5 se configura como o mais seco.

A linha de tendencia na primavera é mais acentuada para o cenário RCP 8,5. A diferença média entre a climatologia histórica (347,96mm) e os demais períodos (Figura 1B) corrobora com a irregularidade da estação. Observa-se um decréscimo ao longo dos períodos em torno de aproximadamente 100,0mm (RCP 4,5) enquanto para RCP 8,5 verifica-se uma variação entre 89,29mm a 177,0mm. O início da estação chuvosa na RMG ocorre na primavera, caracterizando-a como irregular, pois a depender de fenômenos climáticos interanuais, variabilidade da convecção originária da Amazonia e aliadas a frentes frias podem antecipar ou adiar o início da estação chuvosa.



**Figura 1** – Climatologia (histórico – HST) e projeção da variabilidade sazonal da precipitação total para diferentes cenários RCP 4,5 e RCP 8,5 (A e C), diferença entre a média da climatologia histórica (HST) e a média dos períodos próximo (2011 - 2040), médio (2041 - 2070) e distante (2071 - 2100) (B e D) e tendência (linha tracejada) para a região metropolitana de Goiânia (RMG) – Goiás.

As características atuais da climatologia para a estação de verão sobre a RMG são descritas por períodos chuvosos ou intensamente chuvosos na ocorrência de ZCAS, intercalada por períodos secos (veranicos) e de temperatura do ar superior a 30°C. A média da diferença entre a climatologia histórica (555,22mm) e os demais períodos (Figura 1 D) apontam que o médio(2041 - 2070) onde foram observadas as menores diferenças médias, tanto para RCP 4,5 (68,99mm) quanto para RCP 8,5 (115,70), indicando mais chuvoso que os períodos próximo e distante.

#### 4) CONCLUSÕES

As análises mostraram que as projeções climáticas em ambos os cenários indicam diminuição significativa da precipitação total, tanto para a primavera quanto para o verão. Mais significativamente no período próximo (2011 - 2040). Contudo, o cenário RCP 8,5 é bem mais seco que o RCP 4,5. A estação da primavera dada as suas características climatológicas serão mais irregulares na RMG. Considerando-se a manutenção do atual modelo de desenvolvimento e de crescimento socioeconômico, aumento da população urbana, menos áreas vegetadas, conseqüentemente maior concentração de material poluente na atmosfera, as projeções climáticas tendem a indicar cenários preocupantes para o final do século, devido à possibilidade de problemas de abastecimento urbano, saúde pública, conforto térmico, produção agrícola e sustentabilidade urbana.

## REFERÊNCIAS

- Chou, S.C, Lyra, A., Mourão, C., Dereczynski, C., Pilotto, I., Gomes, J., Bustamante, J., Tavares, P., Silva, A., Rodrigues, D., Campos, D., Chagas, D., Sueiro, G., Siqueira, G., Nobre, P. and Marengo, J. 2014:** Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. *American Journal of Climate Change*. v. 3, n. 5, 438 – 454.
- Farias, Sylvia E. M; Luiz, G.C. 2015:** La disponibilité de l'eau dans le Cerrado brésilien. In: Colloque de l'association Internationale de Climatologie, Liège – França, xxviii, 331-335.
- Farias, Sylvia E. M. 2016:** Estimativas satelitárias de precipitação sobre o bioma Cerrado: possibilidades e perspectivas. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Federal de Goiás, 1- 102.
- Goiás, 2019:** Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Goiânia. Secretaria de estado do meio ambiente e de desenvolvimento sustentável-SECIMA. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br>. Acesso: 04 de agosto de 2022. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. 2021: Projeções climáticas no Brasil. <http://pclima.inpe.br> . Acesso: 01 de setembro de 2021.
- IPEA. 2015:** Região Metropolitana de Goiânia. Relatório de Pesquisa. Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/governanca\\_metropolitana/150820\\_74657\\_relatorio\\_analise\\_rm\\_Goiania.pdf](http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/governanca_metropolitana/150820_74657_relatorio_analise_rm_Goiania.pdf). Acesso: 04 outubro de 2019.
- Marengo, José. A. 2014:** O futuro do clima no Brasil. *Revistas USP*. São Paulo, 103, 25-32.
- Novais, G. T.; Farias, S. E.M. 2021:** Caracterização climática do Cerrado. Capítulo 1. In: *Climatologia do Cerrado: variabilidades, suscetibilidades e mudanças climáticas no contexto do Cerrado brasileiro*. Nascimento, D. et al. (Org.). 1º Ed. Goiânia: Alfa Comunicações, P. 11 - 50.
- Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC. 2014:** Base científica das mudanças climáticas. Vol. 1 <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/>. Acesso: 01 outubro de 2022.
- Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas - IPCC. 2014:** Impactos, adaptações e vulnerabilidades. Vol 1. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5\\_wg2\\_spmport-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf). Acesso: 01 setembro de 2022.
- Ribeiro, S. K.; Santos, A. S. 2016:** Mudanças Climáticas e Cidades: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas-PBMC. Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/Relatorio\\_UM\\_v10-2017-1.pdf](http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/Relatorio_UM_v10-2017-1.pdf) . Acesso: 10 de setembro de 2019





# METEOROLOGÍA

# Y

# TECNOLOGÍA



**inumet**

# **“EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PRODUCTO SATELITAL GLDAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN URUGUAY”**

**Agustina Etchissure<sup>1</sup>, Marikena Rodríguez<sup>1</sup>**

agustina.etchissure@estudiantes.utec.edu.uy marikena.rodriguez@estudiantes.utec.edu.uy  
<sup>1</sup>Estudiante. Universidad Tecnológica del Uruguay, UTEC ITR CS, Durazno.

**Palabras clave:** Teledetección, ciclo hidrológico, métricas estadísticas

## **1) INTRODUCCIÓN**

El ciclo hidrológico es un ciclo cerrado que consiste en el movimiento y cambios de estado del agua a través de todas las esferas del planeta a lo largo del tiempo. Dentro de sus componentes se encuentran las precipitaciones, el escurrimiento, evaporación, transpiración, entre otros (Maderey and Román, 2005). La evaporación y transpiración conforman la evapotranspiración, la cual consiste en la realización en conjunto de la evaporación y la transpiración, obteniendo como producto el agua en estado gaseoso que es liberada hacia la atmósfera, condicionada por factores como radiación solar, humedad atmosférica, intensidad del viento y temperatura. Debido a la dificultad que conlleva estudiar las dos componentes de la evapotranspiración por separado, la misma es estudiada como una única variable (Allen et al., 2006).

El cálculo de la evapotranspiración es de gran relevancia debido a que aporta al control del balance hídrico dentro de un área determinada. Con su determinación también se pueden estimar las necesidades de agua de una vegetación dada, de modo de aportar en la mejora de las técnicas de regadío, aprovechando al máximo el uso de este recurso (Almorox et al., 2008).

Esta variable puede ser estimada mediante mediciones in situ o ex situ. Entre las mediciones in situ se destacan instrumentos como el Eddy Covariance y los Lisímetros (Callañaupa, 2016). También se tienen las estaciones automáticas y meteorológicas de INIA, las cuales mediante sensores recopilan las diferentes variables que afectan a la evapotranspiración para realizar las estimaciones en un momento dado (INIA, 2022). Para las estimaciones se basan en la metodología de Penman-Monteith, la más fiable y aceptada dentro de la comunidad científica (Allen et al., 2006). Entre las mediciones ex situ se destacan las misiones satelitales, donde la teledetección cumple un rol fundamental con la estimación a distancia de diversos parámetros (Cori, 2012). Entre los productos satelitales se encuentran el sensor MODIS (Mas, 2011), con su producto MOD16A2 de acceso libre (Mu et al., 2013). El modelo GLEAM, que contribuye al análisis de la evapotranspiración a nivel global (Miralles et al., 2011). La misión GLDAS, que incluye la recopilación de información de varios satélites para la estimación de variables como la evapotranspiración, generando productos de acceso libre (Rodell et al., 2004).

En el presente trabajo se propone cuantificar la relación entre las estimaciones de evapotranspiración de la misión GLDAS y estaciones de monitoreo terrestre en Uruguay para un período que abarca los años 2010 a 2020.

## **2) MATERIALES Y MÉTODOS**

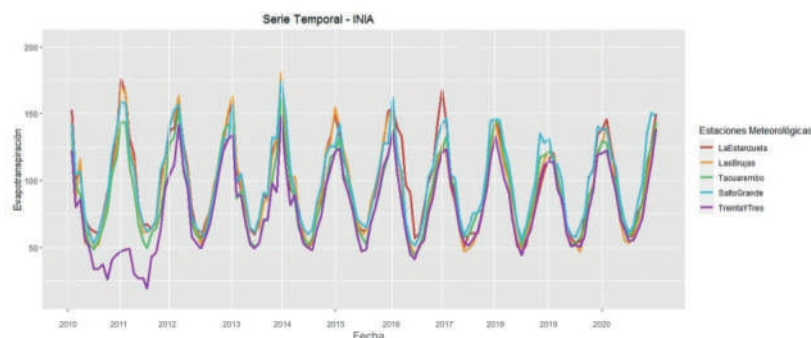
El área de estudio abarca 5 puntos de monitoreo terrestres situados en 5 departamentos del país como lo son Tacuarembó, Salto, Treinta y Tres, Canelones y Colonia; donde se encuentran las instalaciones de INIA que registran los datos necesarios para el cálculo de la variable de evapotranspiración en el Uruguay. (INIA, 2022).

Los datos de la misión GLDAS se obtienen mediante la plataforma GIOVANNI. Los datos terrestres de INIA se obtienen mediante su plataforma oficial. Para ambas colecciones de datos se selecciona como variable de descarga la evapotranspiración, se definen las 5 localizaciones de donde se pretenden obtener los datos, y se define una escala temporal desde el 1 de enero de 2010 al 31 de diciembre de 2020.

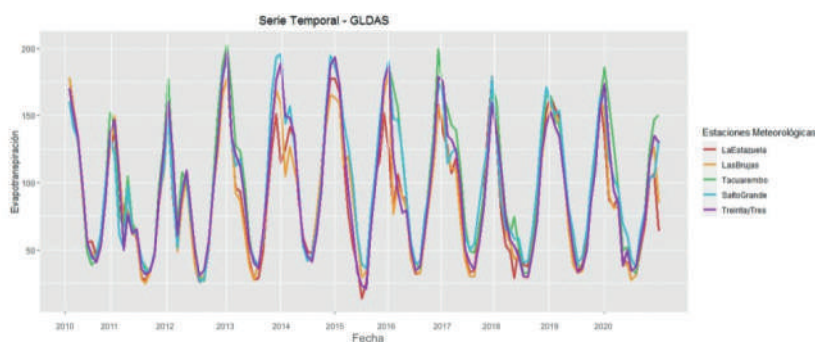
Se hace un análisis exploratorio de los datos en base a la media aritmética, desviación estándar, valores máximos y mínimos, así como también observar su distribución mediante la generación de gráficos.

Para evaluar las estimaciones de evapotranspiración obtenidas a partir de la misión GLDAS con respecto a las mediciones de INIA, se someten frente a un análisis en donde se seleccionaron los estadísticos: Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y el Coeficiente de Correlación de Spearman.

### 3) RESULTADOS



**Figura 1.** Serie temporal de los 5 puntos de monitoreo terrestre en el período 2010-2020 por la base de datos otorgada por INIA.



**Figura 2.** Serie temporal de las 5 localizaciones en el período 2010-2020 por la base de datos otorgada por GLDAS.

**Tabla 1.** Parámetros estadísticos determinados a nivel mensual para la evapotranspiración recabada por INIA frente a GLDAS en los puntos de monitoreo.

	La Estanzuela	Las Brujas	Tacuarembó	Treinta y Tres	Salto Grande
<b>Correlación</b>	0.75	0.81	0.85	0.79	0.77
<b>RMSE</b>	32.86	29.21	32.70	33.91	31.35

### 4) DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES En las

Figuras 1 y 2 se visualiza una marcada ciclicidad, producto de las variaciones en la evapotranspiración a través de las estaciones del año, sugiriendo valores altos en verano y valores bajos en invierno. A partir de los estadísticos analizados en la Tabla 1, se afirma que la misión GLDAS se ajusta a los datos otorgados por INIA de manera adecuada. No obstante, al ser un primer acercamiento, esta métrica no entra en detalles como lo son los errores de sobre y subestimación que presentan las estimaciones de GLDAS. Si bien Huaccoto Garcia (2017) afirma que la correlación es muy alta en base a los rangos establecidos, esto no indica que los valores estimados de evapotranspiración por GLDAS sean del todo correctos, ya que la correlación sólo indica una relación positiva entre ambas medidas pero no evalúa cual es el crecimiento de una u otra. Respecto al estadístico RMSE, presenta un resultado de calidad analizando la magnitud entre los valores simulados (GLDAS) con respecto a los valores reales (INIA).

## REFERENCIAS

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., et al. (2006).** Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 298(0).
- Almorox, J., Hontoria, C., and Benito, M. (2008).** Comparación de algunos métodos de estimación de la evapotranspiración en Uruguay. *Revista Ingeniería Química*, 33:5–9.
- Callañaupa Gutierrez, S. M. (2016).** Caracterización de la evapotranspiración en los cultivos alrededor del observatorio de Huancayo usando la técnica Eddy Covariance, 107:14.
- Cori Ochoa, J. I. (2012).** Satélites y plataformas de adquisición de datos caracterizaciones, comparaciones, principales aplicaciones y dos ejemplos de aplicación. PhD thesis, 71:4-5.
- Huaccoto Garcia, P. (2017).** Determinación del método más eficiente para calcular la evapotranspiración potencial para un modelo lluvia-escorrentía en la cuenca huancané-puno.
- INIA (2022).** Cálculo evapotranspiración. de: <http://www.inia.uy/gras/Monitoreo-Ambiental/Balance-H%C3%ADrico/Calculo-Evapotranspiracion> Recuperado
- Maderey Rascón, L. E., Román, J. (2005).** Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico. Primera Edición. UNAM. Mas, J. F. (2011). Aplicaciones del sensor modis para el monitoreo del territorio. Primera Edición. SEMARNAT.
- Miralles, DG., H. T. D. J. R. G. J. M. A. y D. A. (2011).** Evaporación global de la superficie terrestre estimada a partir de observaciones satelitales. *Hidrología y ciencias del sistema terrestre*, 15(2):453–469.
- Mu, Q., Zhao, M., and Running, S. W. (2013).** Modis global terrestrial evapotranspiration (et) product (nasa mod16a2/a3). Algorithm Theoretical Basis Document, Collection, 5:600. Rodell, M., Houser, P., Jambor, U., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, C., Arsenault, K., Cosgrove, B., Radakovich, J., Bosilovich, M., et al. (2004). The global data assimilation system on earth. *Newsletter of the American Meteorological Society*, 85(3):381–394.

# **CARACTERIZACIÓN AUTOMÁTICA DE GRANIZO: RED INALÁMBRICA DE SENSORES**

**Florencia Blasina<sup>1</sup>, Gabriel Usera<sup>1</sup>, Nicolás Pérez<sup>1</sup>**

fblasina@fing.edu.uy

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

**Palabras clave:** Energía, clasificación, tiempo real.

## **1) INTRODUCCIÓN**

Los eventos de granizo suelen ser sumamente destructivos para plantaciones, invernaderos e infraestructuras como parques fotovoltaicos, además de un riesgo para las personas. Sería importante contar con una red de sensores distribuidos que permita la recopilación de los datos asociados a un evento de granizo. En este trabajo presentamos el diseño de una red de sensores automáticos de granizo. Con este sistema se podrían resolver las dificultades actuales para caracterizar dichos eventos de forma sistemática: es peligroso obtener las piezas en tiempo real y al derretirse, el relevamiento a posteriori es poco fiable.

Existen redes que han funcionado durante décadas (Eccel y otros, 2012) utilizando la tecnología del hailpad (Schleusener y Jennings, 1960), pero no presentan información temporal y requieren enorme trabajo de recolección e interpretación de resultados. Otras redes involucran voluntarias que miden las variables de interés y las reportan (Reges y otros, 2016).

En la red que proponemos, cada nodo contiene un sensor de granizo y sensores de variables climáticas auxiliares, asociadas al riesgo de granizo (Cagnetti y otros, 2013). Los elementos del nodo conforman una estación climática, enfocada en la caracterización de granizo.

## **3) METODOLOGÍA**

### **Red**

Se plantea una red con 16 nodos, interespaciados cada 5 km, cubriendo 400 km<sup>2</sup> (Figura 1). Al tratarse de un sistema para desplegar en el campo, donde puede haber escaso acceso a internet, un nodo será el único punto de acceso a internet mediante **LTE**, llamado border router. Para la comunicación entre nodos se utiliza una tecnología de radio (**LoRa**), con hasta 15 km de alcance en condiciones propicias. Esta topología permite la sencilla ampliación de la red, pudiendo llegar a tener cientos de nodos como en las redes de hailpads que fueron desplegadas desde la introducción de dicho dispositivo (Sánchez y otros, 2009).

Ante eventos de granizo, la información principal se transmite en tiempo real. Culminados los eventos, pueden solicitarse los datos completos almacenados en cada nodo. La red se establece para mejorar la eficiencia en la transmisión de datos, la información de cada nodo se considera independiente. Los nodos se chequean periódicamente para verificar su estado y correcto funcionamiento.

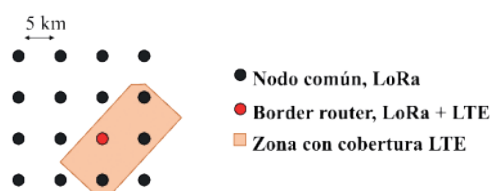


Figura 1 – Red de sensores.

### **Elementos del nodo**

Todos los nodos son iguales (Figura 2), excepto el border router que incorpora mayor capacidad de procesamiento y acceso a la red LTE. El elemento principal del nodo es el sensor de granizo, de diseño propio, en el que se enfoca

el sistema planteado. Todos los otros elementos son comerciales, buscando un diseño económico en los sensores auxiliares.

El sensor de granizo tiene una tarjeta con microcontrolador, que es además el centro de control de todos los elementos del nodo. Se seleccionó para este fin un modelo de Arduino MKR, que cuenta con conectividad LoRa. Para los sensores de temperatura ambiente, humedad relativa y presión atmosférica, se utilizará un shield para Arduino MKR. El shield seleccionado incorpora además memoria para almacenar datos in situ. En cuanto a la alimentación del sistema, se utilizará un panel solar con una batería.

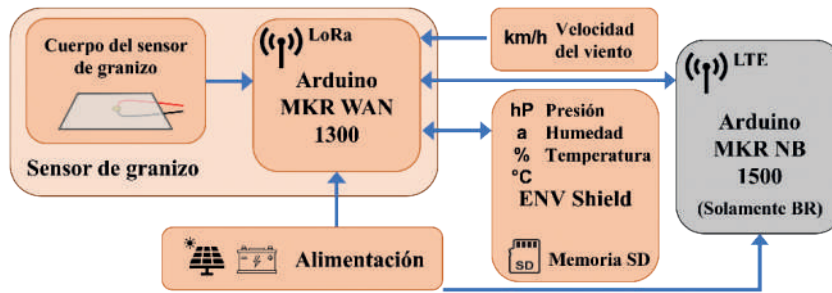


Figura 2 – Nodo de la red.

## Sensor diseñado

El sensor de granizo completo está formado por cinco módulos iguales. Cada módulo (Figura 3) tiene una placa (a), en cuya superficie impactan piedras de granizo (b), generando ondas acústicas que se propagan en el medio sólido (c). Un transductor piezoeléctrico colocado en la cara inferior de la placa (d) convierte las microdeformaciones debidas a las ondas acústicas en una señal de voltaje. La señal eléctrica es adquirida mediante un conversor analógico a digital (e). Se almacena la señal en la memoria y se calcula su energía.

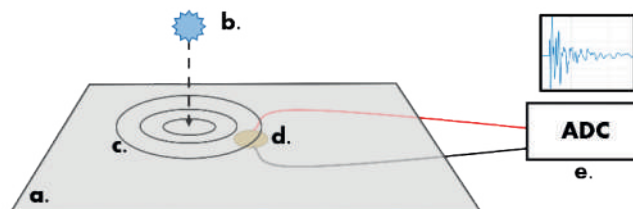


Figura 3 – Módulo del sensor de granizo.

La información que se transmite en tiempo real es:

- Al inicio y final del evento: Id del nodo, instante de inicio/final del evento, acompañado por la información de temperatura, humedad, presión atmosférica e información del anemómetro.
- Cada un intervalo de tiempo  $\Delta tV$ : Id del nodo, histograma de energías de impactos en cada módulo durante la última ventana de tiempo.

Los módulos se disponen uno horizontal y los otros a 45° de dicho plano, orientados cada uno hacia un punto cardinal. Esta disposición permite estimar el ángulo medio de impacto en  $\Delta tV$ , para corregir el cálculo de energías. También se corrige la energía calculada según el punto de impacto sobre la placa, que se conoce mediante transductores piezoeléctricos auxiliares. Se calibra la relación entre la energía cinética transmitida a la placa por un impacto perpendicular en el centro de la placa y la energía de la señal eléctrica adquirida (Echarri y otros, 2022).

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO

Se desarrolló un sensor automático de granizo, capaz que adquirir información temporal y de energía de impacto. Al ser un sensor que se basa en las ondas provocadas por el impacto de granizo sobre un cuer-

po, se estudió el efecto del punto de impacto y se desarrolló un método de compensación. También se estudió el efecto del ángulo de impacto y se desarrolló un método para conocerlo y compensarlo.

Se diseñó una red distribuida de monitoreo de granizo, que utiliza como elemento principal el sensor desarrollado. Se presentaron las características generales de la red.

Actualmente resta cerrar detalles de implementación del sensor de granizo, para construir un nodo modelo y comenzar las pruebas de campo.

## REFERENCIAS

**Cagnetti, M., Leccese, F., y Trinca, D., 2013:** A new remote and automated control system for the vineyard hail protection based on ZigBee sensors, raspberry-Pi electronic card and WiMAX. *Journal of Agricultural Science and Technology*, B, 3, 12B, 853.

**Eccel, E., Cau, P., Riemann-Campe, K., y Biasioli, F., 2012:** Quantitative hail monitoring in an alpine area: 35-year climatology and links with atmospheric variables. *International journal of climatology*, 32, 4, 503-517.

**Echarri, A., Farber, G., y Molina, F., 2022:** SGran - Diseño de dispositivo de simulación de granizo. Tesis de grado. Universidad de la República, Uruguay. Facultad de Ingeniería.

**Reges, H. W., Doesken, N., Turner, J., Newman, N., Bergantino, A. y Schwalbe, Z., 2016:** CoCoRaHS: The evolution and accomplishments of a volunteer rain gauge network. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 97, 10, 1831-1846.

**Sánchez, J. L., Gil-Robles, B., Dessens, J., Martin, E., Lopez, L., Marcos, J. L., Berthet, C., Fernández, J.T. y García-Ortega, E., 2009:** Characterization of hailstone size spectra in hailpad networks in France, Spain, and Argentina. *Atmospheric Research*, 93, 641-654.

**Schleusener, R. A., y Jennings, P. C., 1960:** An energy method for relative estimates of hail intensity. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 41, 7, 372-376.

# **VERIFICACION DE LAS ESTIMACIONES DE TEMPERATURAS MINIMAS CON WRF5 Y WRF7ENS SOBRE URUGUAY**

**Mario Bidegain<sup>1</sup>, Guadalupe Tiscornia<sup>2</sup>, Bernardo de los Santos<sup>1</sup>, Adrián Cal<sup>2</sup>**

[bidegain.mario@gmail.com](mailto:bidegain.mario@gmail.com)

<sup>1</sup> Asesor en Meteorología

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)

**Palabras clave:** Temperaturas mínimas, WRF, verificación

## **1) INTRODUCCIÓN**

Durante 2021, se desarrolló un sistema automatizado de pronóstico numérico de temperaturas mínimas, sobre Uruguay, el cual está disponible en la página web del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) – GRAS (<http://www.inia.uy/gras/Alertas-yherramientas/Prevision-de-Temperatura-Minima>). El modelo suministra pronósticos numéricos diarios, en un plazo de cinco días, de temperaturas del aire al abrigo (a 2 metros) y del aire sobre el suelo. Dicho producto se desarrolló originalmente usando el modelo numérico Weather Research and Forecast (WRF) con una resolución de 5 km latitud x 5 km de longitud (WRF5), corrido por el Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) de Brasil. El modelo WRF5 está próximo a ser dado de baja por CPTEC y sustituido por una versión del mismo modelo WRF, pero con resolución de 7 km (WRF7ens), y en formato de ensamble de corridas. Este trabajo, realiza una breve comparación de los modelos WRF5 y WRF7ens, y el desempeño de estos contra datos de temperaturas al abrigo meteorológico.

## **2) VERIFICACION DE LAS ESTIMACIONES DEL MODELO WRF**

Se han seleccionado dos eventos de ocurrencia de heladas sobre el País, en junio 2022, y se ha comparado los valores de temperaturas estimadas por los modelos WRF5 y WRF7ens y los valores observados en estaciones meteorológicas. Una dificultad presente es la escasez de información en horas nocturnas, donde solo 5 estaciones meteorológicas permanecen con observaciones durante la noche (Carrasco, Prado, Laguna del Sauce, Mercedes y Rocha). Se ha completado esta información con los valores obtenidos de estaciones meteorológicas automáticas disponibles en otras Instituciones públicas (INIA, INMET-Brasil, etc.) y privadas (Weather Underground, etc.).

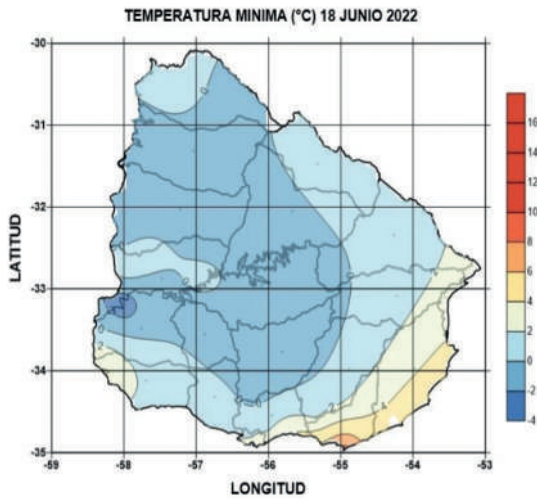
Este trabajo se ha dividido en dos partes, en la primera se hace una comparación gráfica entre ambas versiones del modelo (WRF5 y WRF7ens) y en la segunda presentando las estadísticas de comparación entre temperaturas observadas y pronosticadas.

A fin de efectuar una comparación de ambas versiones del modelo WRF, en la detección de heladas, como en el área de las mismas, hemos seleccionado dos eventos de heladas en el pasado mes de junio 2022 (días 18 a 20 y 29 a 30).

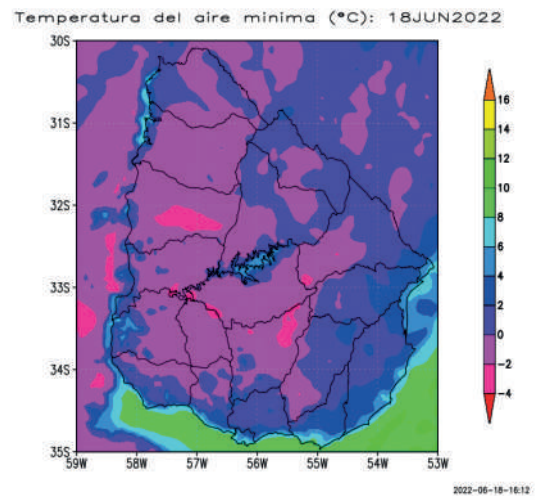
### **Evento 18 a 20 junio de 2022**

Durante estos días, se ha identificado un periodo de tres días consecutivos con heladas, en gran parte del País. En la figura 1 se observan: el mapa de temperatura mínima absolutas al abrigo del día 18, las estimaciones del WRF5 y WRF7ens para el mismo día, así como la comparación de los datos observados de temperaturas horarias y las estimaciones de los modelos, para el periodo 18 a 20 junio de 2022.

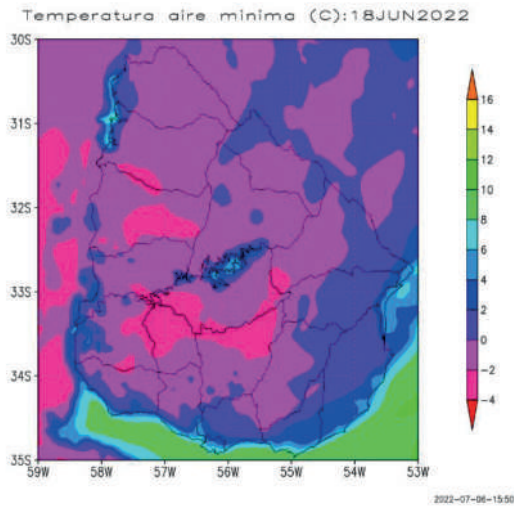




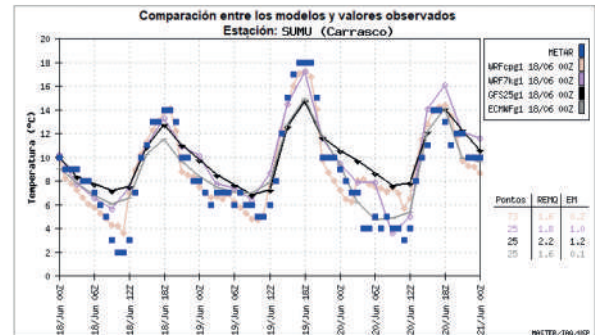
1.1 Temperaturas mínimas (°C) 18 junio 2022



1.2 Temperaturas mínimas del aire  
WRF5 (18 junio 2022)



1.3 Temperaturas mínimas aire  
WRF7ens (18 junio 2022)



1.4 Comparación estimación modelos  
WRF vs temperaturas observadas  
(18-20 junio 2022)

**Figura 1** Temperaturas mínimas observadas (1.1), estimadas por WRF5 (1.2), WRF7ens (1.3) y comparación de estimaciones vs temperaturas observadas (1.4) para 18 junio 2022.

### 3) PERFORMANCE DE WRF5 y WRF7ens SOBRE URUGUAY

Se presenta, en forma de barras, el valor medio mensual del RMSE, para junio de 2022. La media mensual del RMSE (Root Mean Square Error) para todos los modelos fluctúa entre 1.5 y 3. La mejor performance, entre los modelos considerados, fue el europeo ECMWFg1 con 1.42 de RMSE. Mientras tanto para las dos versiones del WRFcpg1 (5 km) y WRF7kg1, el RMSE medio mensual está entre 1.73 y 1.76. La versión WRF7ens presenta una ligera mejor performance mensual que el WRFcpg1 (5 km).

La media horaria mensual del RMSE, para junio de 2022, entre los cuatro los modelos considerados (ECMWFg1, GFS25g1, WRF7kg1 y WRFcpg1) está entre 1.42 y 1.76. El mejor modelo (menor RMSE) es el ECMWFg1, con excelente performance entre 00Z y 09Z (hora de la temperatura mínima), mientras que para el WRF7kg1 se observa una ligera mejor performance (1.73 vs 1.76) frente al WRFcpg1 (5 km). El modelo global americano GFS25 presenta una performance de 1.70. Es de destacar que para los horarios de 06Z (03 hora local), 09Z (06 hora local) y 12Z (09 hora local), la performance de ambas versiones WRFcpg1 y WRF7 fueron muy similares.

Este estudio, NO es un estudio exhaustivo de la confiabilidad de los pronósticos numéricos de temperaturas del aire al abrigo, de ambas versiones del modelo WRF (5 km y 7 km), sin embargo, podemos extraer algunas conclusiones preliminares:

1) Todos los modelos (globales y regionales) tienden a minimizar la amplitud térmica diaria observada. Por lo tanto, la tendencia general de los modelos en relación al valor de la mínima absoluta diaria es hacia valores superiores.

2) El modelo WRF5km presenta una pequeña mejora en la performance que la versión WRF7 para el evento del 18 a 20 de junio de 2022. Mientras que para el evento del 29 y 30 de junio 2022 la mejor performance es para el WRF7.

3) El modelo WRF7ens presenta una ligera mejor performance frente al WRF5 en la media mensual de junio 2022 sobre Uruguay (1.73 vs 1.76).

4) Comparando las horas donde suelen darse las temperaturas mínimas diarias (09Z y 12Z) durante el invierno, a las 09Z, las dos versiones del WRF y el GFS25g1 tienen peor performance que el ECMWFg1, mientras que a las 12Z la peor performance es para el GFS25g1, quedando casi igualados ECMWFg1 y las dos versiones del WRF.

5) El modelo ECMWFg1 (Europa) presenta la mejor performance global de todos los modelos analizados, con excelente performance entre las 00Z y 09Z (hora de la temperatura mínima) sobre Uruguay, con un RMSE medio mensual de 1.42.

6) El modelo GFS25g1 (USA) tuvo un RMSE medio mensual de 1.70 y la peor performance a las 12z.

### **Agradecimientos:**

Se agradece a MASTER (Meteorología aplicada a sistemas de tiempo regionais) (<http://www.master.iag.usp.br/>) Por poner a disposición las salidas de comparación de Modelos sobre Sudamérica.

Se agradece al CPTEC-INPE por poner a disposición las salidas numéricas de los modelos WRF7 y WRF5, sobre Sudamérica en su sitio ftp.

### **REFERENCIAS**

Centro de Previsao de Tempo e Estudos Climáticos  
(CPTEC-Brasil) <https://previsaonumerica.cptec.inpe.br/wrf>

Portal INIA Previsión de temperaturas mínimas  
<http://www.inia.uy/gras/Alertas-y-herramientas/Prevision-de-Temperatura-Minima>

Portal MASTER-USP Verificación de modelos  
<http://www.master.iag.usp.br/num/externas/3/>



# METEOROLOGÍA

# Y

# PRODUCCIÓN



**inumet**

## METEOROLOGÍA Y SENSORES REMOTOS EN LA PRODUCCIÓN

Pablo Guigou Griot<sup>1</sup>

pabloguigou@hotmail.com  
<sup>1</sup>Air Europa | <sup>1</sup>21SUR Aerospace

Palabras clave: Sensor remoto, dron, satélite.

### I) INTRODUCCIÓN

La producción agrícola y la forestal son de gran peso en la economía uruguaya.

Este trabajo recoge conocimientos y experiencias adquiridos en relevamientos con sensores remotos, tanto con drones como con satélites en ambas industrias e intenta subrayar la importancia de la meteorología en esta actividad. El auge de los drones sin dudas ha cambiado de manera disruptiva el relevamiento de campos y montes, haciéndolos más accesibles, precisos y flexibles, de tal manera que ha pasado a ser una herramienta indispensable. Los diferentes productos generados con esta tecnología hacen que su aplicación se desarrolle a lo largo de todo el ciclo productivo.

### II) PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA AGRÍCOLA Y FORESTAL

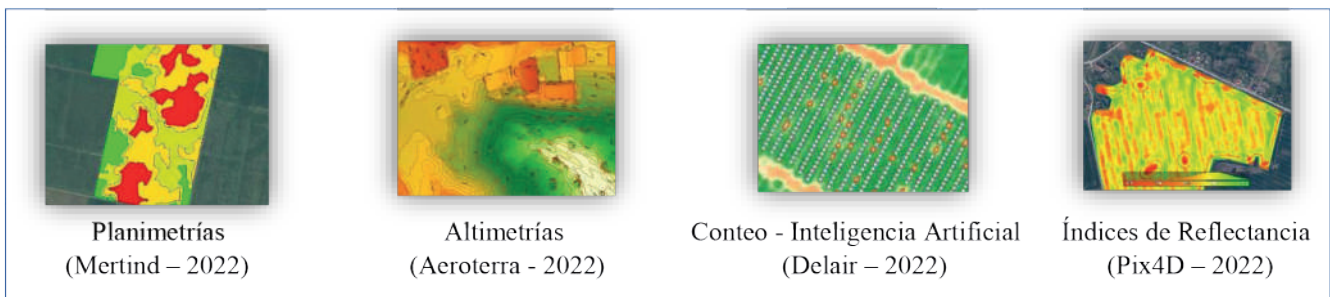
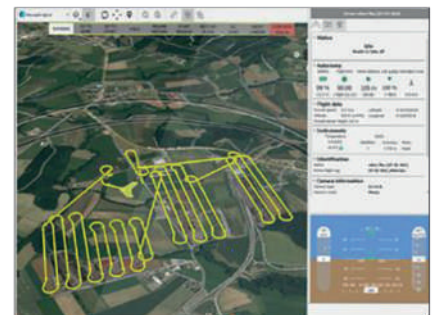


Fig. I. Entregables más utilizados en la industria forestal y agrícola de Uruguay.

### III) METODOLOGÍA DE LA FOTOGRAMETRÍA CON DRONES

La idea básica de los relevamientos con drones es sacar fotografías con sensores RGB o Multiespectrales, entre otros, para luego procesarlos con programas de información geográfica (GIS), generar un ortomosaico y brindar información georreferenciada de alta calidad y precisión. Fig. II. Emotion Software (AgEagle - 2022)



**Planificación.** Consiste en chequear la meteorología, solicitar el espacio aéreo a la autoridad aeronáutica, hacer los planes de vuelo y preparar las baterías, los sensores y las aeronaves para la misión.

**Traslado al sitio de interés.** El o los pilotos se trasladan al lugar de vuelo con todos los equipos necesarios. La estación de control se puede basar en el propio lugar a relevar o en las inmediaciones, dependiendo del dron a utilizar, las condiciones de viento y la accesibilidad.

**Marcación y Vuelo.** Primero se marcan puntos de control en lugares estratégicos del campo y se georeferencian con equipos GNSS (Global Navigation Satellite System) de gran precisión. La fase de vuelo comprende el despegue, ascenso, crucero (en esta fase es donde se realiza el relevamiento), descenso y aterrizaje del dron con el fin de cumplir la misión establecida.

**Procesamiento.** En la oficina se realizan todos los procedimientos informáticos, se georeferencian las imágenes por medio de la técnica RTK (Real Time Kinematic) y/o con los puntos de control marcados en el suelo para realizar finalmente el entregable o producto deseado.

#### IV) RELEVAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO CON SATELITES

En el caso de los relevamientos con satélites de observación terrestre (método pasivo), la mayoría en órbitas bajas (LEO – entre 200 y 1200 km desde la superficie terrestre), la tarea consiste en demarcar el lugar de interés a relevar y solicitar el producto al proveedor, quien normalmente ya lo entrega con ciertas correcciones (Sharpening o refinado, Atmosféricas, Geográficas, por a la inclinación del sensor, etc.). A partir de estas imágenes se hace el procesamiento final en la oficina para llegar al producto. La presencia de nubes sobre el campo hace prácticamente inviable el relevamiento con satélites. Muchas de las plataformas que brindan imágenes satelitales ofrecen un pronóstico de cobertura de nubes para el punto de interés donde se pretende hacer el relevamiento para así tener una idea de cuándo se podrán obtener las imágenes.



Cabe destacar que en el caso de satélites SAR (Radar de Apertura Sintética – método activo), sus datos no se ven afectados por las nubes ni necesitan luz solar para trabajar. *Fig. III. Satélite EOS (Satrec Initiative – 2022)*

#### V) CONDICIONES METEOROLÓGICAS QUE MÁS INFLUYEN

**Viento.** La mayoría de drones tienen una limitante de viento (entre 10 y 12 m/s, dependiendo de la aeronave), por lo cual tenemos que asegurarnos que el día de vuelo la intensidad del viento se encontrará por debajo de esta limitación.

**Precipitaciones.** Por otro lado, es importante saber la cantidad de precipitación caída en los días previos porque el traslado hasta el campo puede verse afectado o impedido debido a cursos de agua desbordados. En cuanto a la operación propiamente dicha, si bien la mayoría de drones tienen cierta protección contra la humedad, no se suele volar cuando existen precipitaciones.

**Nubes.** Las nubes bajas (Estratos, Estratocúmulos y Cúmulos) también son una limitación ya que dependiendo de la altura de vuelo (según el tipo de sensor a utilizar y de la precisión a conseguir) las nubes nos podrían quedar entre el dron y el campo a volar. Lógicamente, en ese caso, las fotografías no servirían de mucho ya que estaríamos fotografiando las propias nubes en lugar del campo. (Por seguridad no se vuela en cercanía de Cumulonimbos). En el caso de los satélites, como ya hemos visto, la presencia de nubes a cualquier altura hace que el lugar de interés no sea visible.

**Presión.** La sustentación aerodinámica es la fuerza que crean las aeronaves, a través de sus perfiles aerodinámicos (alas o hélices en el caso de multirrotores) para contrarrestar el peso del dron y así poder volar. Como podemos apreciar en la ecuación de la Sustentación =  $\text{Coef. Sust.} \cdot \frac{1}{2} \text{ Densidad} \cdot \text{Velocidad}^2 \cdot \text{Superficie Alar}$ , a mayor densidad del aire mayor fuerza de sustentación, y por lo tanto mejores performances de vuelo.

**Temperatura.** La temperatura influye inversamente en la densidad y por ende en la sustentación. Es decir, a menor temperatura mayor sustentación. Por otra parte, las bajas temperaturas disminuyen sustancialmente la duración de las baterías en vuelo, debiendo preverse esta situación durante la planificación. Además, algunos instrumentos de navegación como IMUs (unidades inerciales) también son afectadas por las bajas temperaturas a tal punto que la aeronave debe calentarlas antes del despegue para su correcto funcionamiento.

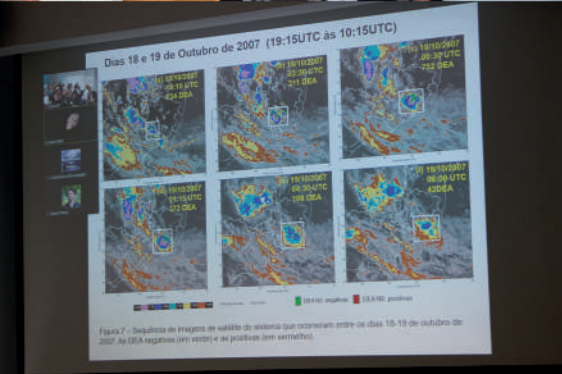
**Tormentas solares.** Las tormentas solares o magnéticas son una fulguración o explosión electromagnética producida en el sol que lanza millones de partículas cargadas hacia la tierra, afectando los satélites y las radiocomunicaciones. En el caso de los drones, el enlace con el control remoto se ve degradado y hasta se puede llegar a interrumpir en el peor de los casos, sin tener absolutamente ningún dato de telemetría y sin saber la posición ni el estatus de la aeronave. Para chequear la afectación de estas tormentas en el lugar de vuelo, se debe verificar el Índice Kp como parte de la planificación, siendo inaceptable volar, para la mayoría de drones, con valores superiores a 4 en una escala de 0 a 9. En cuanto al relevamiento con satélites, se puede ver afectado por el corte de la comunicación entre el satélite y la estación terrena, malfuncionamiento interno, problemas de posicionamiento y hasta daños severos en sus componentes que hagan imposible la misión.

## **VI) ADQUISICIÓN DE DATOS METEOROLOGICOS**

Está claro que las fuentes de datos meteorológicos son de gran importancia para los relevamientos. Por ello es vital contar con datos en tiempo real y pronósticos fiables, abalados por modelos reconocidos y probados. La página de productos aeronáuticos de INUMET es de gran utilidad y uno de los principales insumos para la planificación y ejecución de los vuelos. También algunas aplicaciones de celular brindan información relevante, en tiempo real y con una precisión aceptable, por ejemplo, Windy, MeteoBlue, UAV Forecast, etc. Para el pronóstico del Índice Kp se puede hacer directamente desde la web de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) o a través de aplicaciones que recogen su información.

## **VII) CONCLUSIONES**

A lo largo de toda la planificación y el vuelo propiamente dicho, la meteorología juega un rol principal. Por ello es muy importante contar con información meteorológica de calidad y así poder desarrollar la actividad con seguridad y eficiencia. Sería bueno contar con mayor cantidad de datos en los niveles de vuelo más utilizados para esta actividad, la cual no siempre es fácil de conseguir. En esta industria que crece exponencialmente, todos los aportes que se hagan desde las empresas, instituciones, organizaciones, y autoridades meteorológicas para ofrecer mayor información y conocimiento serán de gran ayuda y harán más segura la operación de estos servicios tan importantes. Es relevante destacar que el pronóstico de viento, para estos tipos de relevamiento debe focalizarse entre el terreno y los 400 m. AGL (altitud sobre el nivel del suelo) y especialmente en los primeros 120 m. Esto difiere bastante de las necesidades del resto de la comunidad aeronáutica que utilizan niveles superiores. En definitiva, la meteorología atraviesa transversalmente toda la actividad de relevamiento con sensores remotos, es crucial entenderla y aprender todos los días un poco más de ella para adecuarnos de la manera más natural y eficiente posible a sus condiciones.





**SOLUCIONES DE SOFTWARE PARA METEOROLOGÍA**

contacto@motionsoft.com.uy | www.motionsoft.com.uy

# VAISALA

The future of  
weather radar  
design is here

and it's  
SOLID.



[vaisala.com/weather-radars](https://vaisala.com/weather-radars)