



3ª

EDICIÓN

08
B

A

40

B

JORNADAS METEOROLÓGICAS DEL URUGUAY

2024

ÍNDICE

- 5** PALABRAS DEL PRESIDENTE
- 6** PALABRAS DEL DIRECTOR
- 7** **METEOROLOGÍA Y SOCIEDAD**
- 8** ABORDANDO EL TIEMPO Y CLIMA DEL URUGUAY EN LAS AULAS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA
- 11** ANÁLISE TERMODINÂMICA DAS CHUVAS DE SETEMBRO DE 2023 NO RIO GRANDE DO SUL
- 14** MEJORA EN LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE UV A PARTIR DE MEDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR UV-B
- 17** ANÁLISIS DE CASOS DE CAÍDAS DE ÁRBOLES Y ROTURA DE RAMAS POR EVENTOS METEOROLÓGICOS EN MONTEVIDEO ENTRE 2014 Y 2022
- 20** CICLOGÉNESIS EXPLOSIVA EN LAS COSTAS DEL RÍO DE LA PLATA Y DEL OCÉANO ATLÁNTICO, 10 DE JULIO 1923 Y 23 DE AGOSTO 2005
- 23** **METEOROLOGÍA Y PRODUCCIÓN**
- 24** AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS QUE GENERAN DAÑOS POR VIENTO Y GRANIZO EN INVERNADEROS DE SALTO Y ALREDEDORES
- 27** ANÁLISIS DEL RECURSO EÓLICO OFFSHORE EN URUGUAY
- 30** TELEDETECCIÓN EN EL MONITOREO DE LA SEQUÍA 2022-2023: CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA
- 33** **METEOROLOGÍA Y TÉCNOLOGÍA**
- 34** ANALISIS DE UN EVENTO DE PRECIPITACION EXTREMA EN EL SUR DE URUGUAY Y COMPORTAMIENTO DEL SA-MCS INDEX
- 37** VERIFICACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE TEMPERATURAS MÍNIMAS CON MODELOS ECMWF, GFS Y WRF7 SOBRE URUGUAY PARA JULIO 2024
- 40** RECEPCIÓN DE LOS SERVICIOS SATELITALES DE GOES-EAST: HRIT Y GRB
- 43** ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS REGISTRADOS POR ESTACIONES CONVENCIONALES Y TELEPLUVIÓMETROS
- 46** VALIDACIÓN DEL PRONÓSTICO DE OZONO ESTRATOSFÉRICO DEL ECMWF PARA LA ESTIMACIÓN DEL IUUV SOBRE URUGUAY



GRUNERT

INGENIERIA ELÉCTRICA

Dr. J. Barrios Amorín 1515

U 11200 Montevideo

URUGUAY

Teléfono: 29018859

info@grunert.com.uy

METEOROLOGÍA EN GENERAL

Somos proveedores de:

- Estaciones meteorológicas automáticas especiales y para el agro
- Sensores/indicadores de viento, presión, temperatura, humedad, radiación solar, entre otros
- Torres frangibles (Normas ICAO) de uso en estaciones meteorológicas y aeropuertos
- Molinetes hidráulicos para medir caudal de agua en canales, ríos, sistemas de riego, sistemas arroceros, etc
- Bandas de registro para instrumentos meteorológicos de cualquier tipo

Representantes de:

DR. ALFRED MÜLLER
METEOROLOGISCHE INSTRUMENTE KG





El Instituto Uruguayo de Meteorología presentó la 3° Edición de las Jornadas Meteorológicas del Uruguay. Las mismas surgen 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.

MOTIONSOFT
CONSULTING

SOLUCIONES DE SOFTWARE PARA METEOROLOGÍA

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



PALABRAS DEL PRESIDENTE DEL INSTITUTO URUGUAYO DE METEOROLOGÍA

Es para el INUMET una gran alegría presentar la publicación de lo que fue la tercera edición de las Jornadas Meteorológicas del Uruguay JORNAMET.

Quiero felicitar, en primera instancia, muy especialmente, a quienes hicieron que hoy todo esto sea una realidad, sin dudas a todos quienes participaron del staff técnico en su preparación antes, durante y después del evento, garantizando un evento de calidad. El Comité Técnico de evaluación que nos garantizó que los trabajos fueran de un muy buen nivel, tanto en contenido como en forma, Comunicación Institucional con todo su aporte y posterior diseño de lo que hoy podemos ver y disfrutar, una idea que empezó como algo muy lejano, en la que pocos creían y hoy ya tiene su forma y en cada edición se va consolidando más.

Aquí verán reflejadas las distintas temáticas que trataron las ponencias de quienes nos compartieron su conocimientos y experiencias, las cuales agradecemos y que fueron muy bien recibidas por el público y por toda la meteorología nacional.

De esta manera, dejar un registro para que ese conocimiento pueda vincularse con otros actores de la sociedad y así realmente buscar una sinergia para el desarrollo de conocimiento proyectos desde lo Público lo privado y la academia para generar mejores servicios a todo el País.

Vemos con orgullo que nuestra querida JORNAMET va creciendo y potenciándose y es el deseo de todos que así siga siendo, que sea un portal de conocimiento de discusión de todos los temas relacionados a la meteorología, climatología, hidrología y las ciencias atmosféricas que cada día son de mayor interés y necesidad para la población.

¡Es por todo esto por estos tres años de realidades que les invito a seguir por este camino de crecimiento y esperamos seguir creciendo en nuestra cuarta edición y muchas más!

Cnel. (R) Lic. Pablo Cabrera



PALABRAS DEL DIRECTOR DEL INSTITUTO URUGUAYO DE METEOROLOGÍA

Estamos muy contentos de haber concluido la tercera edición de la JORNAMET y ver como poco a poco se va afianzando y tomando fuerza esta idea de generar un evento que reúna a diferentes actores de la meteorología en jornadas de actualización y puesta en sociedad de investigaciones y análisis. Esperemos que siga creciendo y se prolongue en el tiempo aumentando la cantidad de expositores y asistentes.

Para nosotros, como directorio del Inumet, vale la pena impulsar un evento de este tipo que tiene muchos significados y aportes.

Por un lado, la capacitación y actualización académica. En el intento de revalorizar y poner énfasis en la capacitación de los funcionarios, la JORNAMET viene a aportar en la profesionalización y formación continua que pretendemos del capital humano del instituto.

Por otro lado, es un objetivo que JORNAMET tenga un papel más protagónico en la comunidad meteorológica, nucleando a técnicos y profesionales en eventos de intercambio multidisciplinario. Pretendemos que el instituto esté cerca y sea protagonista de la investigación científica en la materia. Modernizar al instituto implica también generar instancias en que se hable y debata sobre automatismos, inteligencia artificial, modelación numérica, análisis de eventos y nuevas tecnologías y desarrollos.

Asimismo, jornadas académicas de este tipo permiten abrir JORNAMET a la sociedad, a otras áreas de conocimiento, a otros organismos, a empresas, al sector productivo, a la academia y a la prensa. Es sin dudas una instancia de divulgación de conocimiento meteorológico en relación directa con otras disciplinas, necesidades y requerimientos de la sociedad, que posibilita generar sinergias para mejorar y acrecentar los productos que el Instituto genera. La importancia de la meteorología en la sociedad toda así lo requiere, en el entendido que una sociedad más informada es una sociedad que toma mejores decisiones.

Nuevamente los trabajos se presentaron en torno a ejes temáticos que dejan en claro la transversalidad complejidad y diversidad de la meteorología. De este modo se presentaron y expusieron artículos resaltando la educación de la meteorología; sobre estudios de fenómenos severos; trabajos para la estimación del índice UV; generación de energía eólica; teledetección; imágenes satelitales y vitivinicultura, etc.

Felicitaciones y gracias a los organizadores, a los expositores, a los participantes y a todos los que hicieron posible esta JORNAMET, contamos con todos ustedes para que la próxima edición sea aún mejor.

Dr. Diego Plada Polonioli

08

B



METEOROLOGÍA Y SOCIEDAD

ABORDANDO EL TIEMPO Y CLIMA DEL URUGUAY EN LAS AULAS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

Palabras clave: Divulgación, Investigación participativa, Ciencia atmosférica

Fabrizio Beorchia¹

profefbeo@gmail.com

¹ Docente de Geografía en DGES

Docente de Ambiente, Territorio y Sociedad, Colegio Misericordista

Estudiante Lic. Geografía Facultad de Ciencias, UdelaR

INTRODUCCIÓN

La enseñanza del tiempo y clima es uno de los temas contemplados en los distintos programas de Geografía. En este sentido, en la actualidad las ciencias geográficas están circunscritas en el espacio científico- matemático. En este sentido, compartimos los fundamentos que dan marco al abordaje de la temática de ciencias atmosféricas en el aula:

1. Explicar fenómenos científicamente: reconocer, evaluar y ofrecer explicaciones para una serie de fenómenos naturales y tecnológicos. 2. Evaluar y diseñar investigaciones científicas: describir y evaluar investigaciones científicas y proponer formas de abordar preguntas científicamente. 3. Interpretar científicamente datos y evidencias: analizar y evaluar datos, afirmaciones y argumentos en una variedad de representaciones y extraer las correspondientes conclusiones científicas (Administración Nacional de Educación Pública -ANEP-, 2023)

Pedrinaci (2012) plantea distintas competencias científicas que pueden ser aplicadas con las presentes actividades en el aula: i-El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica. ii- Los ciudadanos necesitan conocimientos de ciencias para dar respuestas a los problemas de su contexto. iii- Las implicaciones sociales del conocimiento científico y tecnológico forman parte de este y, por lo tanto, de su enseñanza. iv- El desarrollo de la competencia científica demanda y produce actitudes positivas hacia la ciencia y el conocimiento científico.

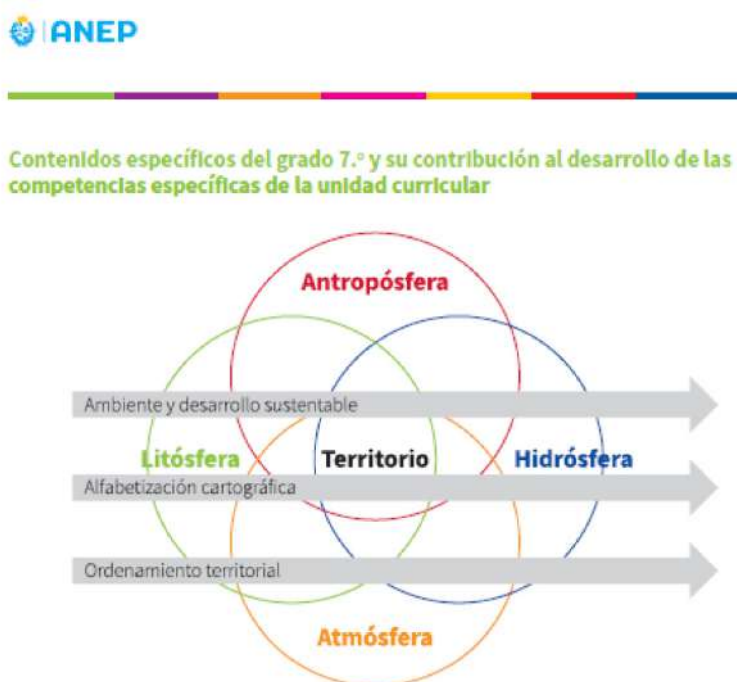


Figura 1. ANEP, 2023

OBJETIVOS

Evaluar el impacto de la enseñanza del tiempo y clima en la educación secundaria en el desarrollo de competencias y habilidades científicas en los estudiantes, a través de la utilización de actividades prácticas y el uso de tecnologías.

METODOLOGÍA

La presente metodología se puede planificar y aplicar a dos niveles: 7mo de Educación Básica Integral (antiguamente 1º de C.B) y 1er año EMS (antes 4to liceo), en el taller optativo Territorio, Ambiente y Sociedad.

<u>Actividades/Herramientas</u>	<u>7mo EBI</u>	<u>Territorio, Ambiente y Sociedad, 1 EMS</u>
Pronósticos app, utilización de dispositivos móviles o cpu.	Aplica	Aplica
Web de INUMET	Aplica	Aplica
Investigación participativa	No aplica	Aplica
Clasificación de nubes	Aplica	Aplica
Clasificación masas de aire	Aplica	Aplica
Comparación de pronósticos escala regional/global	Aplica	No aplica
Aplicar factores climáticos a elementos atmosféricos y/o viceversa	Aplica	Aplica
Importancia de las ciencias de la atmósfera en la construcción de la identidad nacional	No aplica	Aplica

Tabla 1. Elaboración propia

Ejemplo de actividades

Actividades teóricas	Actividades prácticas
<p>1) Analizar el siguiente video (https://www.youtube.com/watch?v=tF3DtJ373oY&t=5s) Allí Nestor Santayana dice “Utilizando ecuaciones físico matemáticas para intentar una aproximación de lo que podrían llegar a ser estas variables a futuro, es decir presión, temperatura, humedad, viento y otras más...”</p> <p>a- ¿Por qué es importante poder predecir las condiciones meteorológicas?</p> <p>b- ¿Por qué es incorrecto decir “los del pronóstico nunca le aciertan?”</p>	<p>2) Actividad al aire libre: Según el Atlas Internacional de Nubes de la Organización Meteorológica Mundial (se puede descargar en cel o en ceibalita), observa el cielo. Intenta identificar nubes según las características. Luego observa de dónde proviene el viento (puedes mirar los árboles o el pelo de tus compañeros/as). Estima cuántos grados de temperatura crees que hay. ¿Puedes darte cuenta si hay humedad, de qué forma? Luego ingresa a INUMET (inumet.gub.uy) y registra los datos del tiempo atmosférico y compara con tus observaciones.</p>

Diálogos en el ascensor...

Piensa que te encuentras con una vecina mayor de edad y para sacar tema de conversación sale el tema atmosférico.

Vos- “Ojalá pare esta lluvia, no vecina”

Vecina- “Mirá que he visto llover, pero como hoy, uff, nunca mijo, nunca ví algo así”

Vos- “La verdad que llovió bastante si, no se si como nunca, pero llovió...”

Vecina- “Ahora el clima está loco, ayer calor y fresco, hoy más calor y tormenta, después sale el sol, y así, está todo raro vió...” (Fuente: Elaboración propia)

a) ¿Cómo le explicarías a la vecina lo sucedido en términos científicos atmosféricos?

CONCLUSIONES

Se espera que en ambos casos los estudiantes entiendan y apliquen los conceptos de tiempo y clima intercambiando entre aspectos teóricos (aula) y prácticos (clasificación de nubes, utilización crítica de app's, proyecto de investigación participativa preguntando a la gente de la comunidad aspectos sobre tiempo y clima del Uruguay, etc.).

De esta forma, se podrá acercar a un público mucho más amplio conceptos básicos de las ciencias de la atmósfera y a la ciencia en general, en una época en que distintas aplicaciones transmiten “información” que aleja a las personas de la apropiación de la ciencia y sus interpretaciones.

REFERENCIAS

Administración Nacional de Educación Pública, 2023. Geografía, tramo 5. Componente alfabetizaciones fundamentales, espacio científico matemático. En anep.edu.uy. 23 pp

Atlas Internacional de Nubes, 2024. Guía de clasificación de nubes. Organización Meteorológica Mundial, disponible en <https://cloudatlas.wmo.int/es/cloud-classification-aid-cl.html>

Barreiro, Marcelo, Arizmendi, Fernando. Trinchin, Romina, 2019. Variabilidad observada del clima en Uruguay. Proyecto fortalecer las capacidades de Uruguay para la adaptación al cambio climático en la zona costera. Departamento de Ciencias de la Atmósfera Instituto de Física, Facultad de Ciencias. 52 pp

Educ.ar/meteorología. Portal de la Secretaría de Educación de la República Argentina. Web de actividades, app, y audiovisuales sobre la enseñanza del tiempo y clima en la secundaria. Consultado el 22/10/2024.

INUMET, 2024. www.inumet.gub.uy, consultado 17/10/2024.

Pedrinaci, Emilio. (coord.), 2012. 11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica. Graó. Pp 39-58.

Renom, Madelaine. Clima de Uruguay , Unidad de Meteorología, Facultad de Ciencias, UdelaR. s/d.

Zum Felde, Alberto. 1919. Proceso Histórico del Uruguay. Esquema de una sociología nacional. Ed. Máximo García. Biblioteca de Autores Uruguayos. Pp 28-38.

ANÁLISE TERMODINÂMICA DAS CHUVAS DE SETEMBRO DE 2023 NO RIO GRANDE DO SUL

Palabras clave: Análise termodinâmica, Eventos extremos de precipitação.

Daniel Caetano Santos^{1*},
Leonardo Furlan¹,
Murilo Lopes¹,
Ernani de Lima Nascimento¹
***danielcae@gmail.com**

¹Centro de Ciências Naturais e Exatas, Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria (CCNE/UFSM)

INTRODUÇÃO

O mês de setembro de 2023, na região sul do Brasil, foi marcado por sucessivos eventos extremos de precipitação, que resultaram em um acumulado mensal superior a 500 mm sobre grande parte do estado do Rio Grande do Sul (RS) (Figura 1). Esse valor superou em mais de 300 mm a climatologia para o mês de setembro.

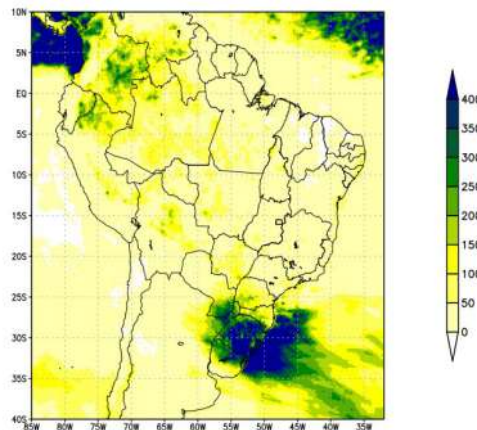


Figura 1 - Total acumulado de precipitação (mm), para o mês de setembro de 2023. Fonte: MERGE (Rozante et al., 2010).

Os meses da estação quente do ano são caracterizados pela passagem frequente de sistemas de escala sinótica e sistemas convectivos de mesoescala (SCMs), que influenciam os acumulados de precipitação na região sudeste da América do Sul (Durkee and Mote, 2010; Durkee et al., 2009). A atuação do fenômeno El Niño durante o período indicava um cenário favorável para a ocorrência de eventos extremos de precipitação (Grimm et al., 1998; Costa et al., 2024).

O objetivo deste trabalho é avaliar o cenário termodinâmico da Bacia do Prata por meio de dados de radiossondagem sobre a região.

DADOS E MÉTODOS

Neste estudo, foram avaliados os perfis termodinâmicos das radiossondagens realizadas na região da Bacia do Prata (Figura 2). Foram analisados a energia potencial convectiva disponível da parcela mais instável (CAPE_MINST) e a água precipitável (AguaPrec) para o mês de setembro de 2023, além da comparação com seus dados históricos entre os anos de 1996 e 2018 (Furlan, 2023).



Figura 2 – Estações de radiossondagem utilizadas no estudo.

Foram calculadas as médias do período histórico (1996-2018) para o mês de setembro, o valor extremo e o quantil de 95% (Q95). Para setembro de 2023, foram obtidas a média, o valor extremo e o número de ocorrências acima do Q95 para as radiossondagens das 00 e 12 UTC.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que o período de setembro de 2023 apresentou CAPE acima da média histórica para as radiossondagens de SBSM, localizada na região central do RS, com 3 e 7 ocorrências acima do Q95 para as sondagens das 00Z e 12Z, respectivamente. Os valores extremos também se destacaram no centro do estado, onde o CAPE máximo atingiu 4724 J/kg e 4029 J/kg nas sondagens das 00Z e 12Z, respectivamente. Enquanto isso, nas demais estações de radiossondagem, os valores médios e extremos ficaram abaixo ou muito próximos ao período histórico, como observado em SBFL (Figura 3).

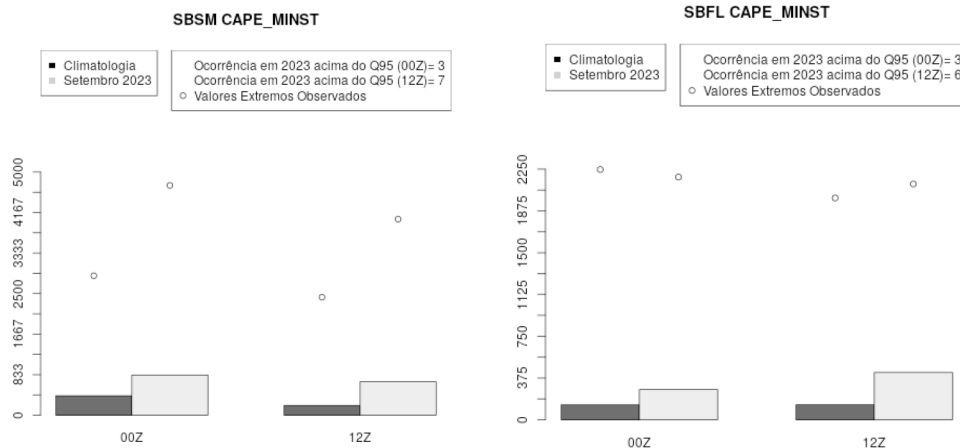


Figura 3 – Índice CAPE_MINST para as estações SBSM e SBFL, com valor histórico (barras pretas) e para setembro de 2023 (barras cinzas) e valores extremos observados no período (pontos).

A água precipitável (Figura 4) também apresentou valores acima da média em setembro de 2023, abrangendo todas as estações de radiossondagem. Esses valores estão de acordo com os dados de fluxo de umidade integrado verticalmente apresentados por Santos (2024).

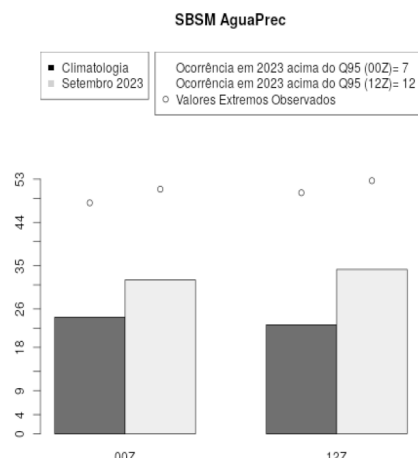


Figura 4 – Índice AguaPrec para a estação SBSM, com valor histórico (barras pretas) e para setembro de 2023 (barras cinzas) e valores extremos observados no período (pontos).

A condição favorável à atividade convectiva extrema dos eventos de setembro de 2023 ficou evidente na análise do CAPE, com os registros mais intensos localizados na região central do RS, a mesma área com os maiores acumulados de precipitação.

REFERÊNCIAS

Costa, J. A. C.; Andreoli, R. V.; Kayano, M. T.; de Souza, I. P.; de Souza, R. A. F.; Cerón, W. L., 2024: The South American precipitation trends under (or not) El Niño-Southern Oscillation influences and relationship with large-scale circulation. *International Journal of Climatology*, 44(9), 3154-3168.

Durkee, J. D.; Mote, T. L., 2010: A climatology of warm-season mesoscale convective complexes in subtropical South America. *International Journal of Climatology*, v. 30, n. 3.

Durkee, J. D.; Mote, T. L.; Shepherd, J. M., 2009: The contribution of mesoscale convective complexes to rainfall across subtropical South America. *Journal of Climate*, v. 22, n. 17.

Furlan, L. Z., 2023: Climatologia atualizada de parâmetros convectivos no sudeste da América do Sul. 2023. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023. Orientador: Ernani de Lima Nascimento.

Grimm, A. M.; Ferraz, S. E. T. ; and J. Gomes, 1998: Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. *J. Climate*, 11, 2863–2880.

Rozante, J. R. et al., 2010: Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America. *Weather and forecasting*, v. 25, n. 3.

Santos, D. C.; Lopes, M.; Nascimento, E. L., 2024: Uma avaliação dos eventos extremos de chuva intensa no estado do Rio Grande do Sul em setembro de 2023 dentro dos contextos sinótico e climatológico. In.: Conferência Pan-Americana de Meteorologia, São Paulo-SP.

MEJORA EN LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE UV A PARTIR DE MEDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR UV-B

Palabras clave: Radiación solar, radiación ultravioleta, índice UV.

Agustín Laguarda¹
Ernesto Marchesoni^{1,2}
Gonzalo Abal¹
laguarda@fing.edu.uy

¹Laboratorio de Energía Solar, Facultad de Ingeniería, UDELAR

²Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET)

INTRODUCCIÓN

La radiación solar ultravioleta (UV) es un factor clave para la salud pública debido a su relación con el cáncer de piel y otras enfermedades. Se divide en sub-bandas: UV-A (315-400 nm) y UV-B (280-215 nm), siendo la UV-B la más perjudicial (WMO/GAW, 2014). Para cuantificar el impacto de la radiación UV (en W/m²) sobre la salud, en particular sobre la ocurrencia de eritema, se define la UV-E. La UV-E es un promedio ponderado de la UV espectral con la respuesta eritémica estándar (WMO/GAW, 2014), y se utiliza para comunicar el riesgo de exposición al sol mediante el índice UV (IUV = 40 m²/W x UV-E). Existen radiómetros que miden directamente UV-E (y por tanto IUV), como el SUV-E de Kipp & Zonen o el MS-12S de EKO Instruments, mientras que otros instrumentos, como los de Yankee Environmental Systems, miden UV-B y estiman UV-E como UV-E = 0.1325.UV-B (McKenzie et al., 2004).

En Laguarda et al. (2024), se desarrolló una parametrización simple y precisa para estimar las fracciones $f_e = UV-E/GHI$ y $f_b = UV-B/GHI$, donde GHI es la irradiancia solar global en plano horizontal. Estas parametrizaciones permiten estimar UV-E y UV-B si se cuenta con información de GHI (frecuentemente medida) y utilizan tres variables auxiliares: (i) la masa de aire relativa, m (Young, 1994), asociada a la posición relativa del sol, (ii) el índice de claridad, kt , definido como el cociente entre GHI y la radiación solar extraterrestre sobre plano horizontal, asociado a la presencia de nubes y (iii) el contenido total de la columna de ozono (TOC, expresado en Unidades Dobson / 100). Así, UV-E se puede estimar a partir de UV-B como

$$UV-E = (f_e/f_b) UV-B, \quad (1)$$

$$f_e / f_b = 0.1348 \cdot m^{-0.103} \cdot kt^{0.027} \cdot TOC^{0.05}, \quad (2)$$

donde la Ec. 2 se desprende de los resultados de Laguarda et al. (2024). Este trabajo analiza la precisión de estimar UV-E (e IUV) a partir de medidas de UV-B en tierra, usando la relación lineal de McKenzie et al. (2004), y proponiendo una mejora con un nuevo modelo más preciso.

METEOROLOGÍA

Se utilizaron datos simultáneos de irradiancia UV-B, UV-E y GHI con frecuencia minutal del National Renewable Energy Laboratory (NREL), para su sitio de medida en Golden, Colorado, EEUU (lat.+39.74; lon. -105.18). A ellos se les aplica un riguroso control de calidad (idéntico a Laguarda-2024) para luego integrarlos a nivel 10 minutal. La información sobre el contenido de ozono se tiene escala horaria y proviene de la base de datos de reanálisis MERRA-2 (Gelaro et al. 2017). En la Tabla 1 se muestra cómo a partir de UV-B, se estima UV-E mediante tres parametrizaciones diferentes de f_e/f_b : una relación constante (McK), el modelo de potencias de la Ec.2 (PM), y una versión simplificada de PM (PMs). La simplificación de PM se basa en la baja dependencia de f_e/f_b con la GHI y con el contenido de ozono, evidenciada por los bajos exponentes en kt y TOC (0.027 y 0.05, respectivamente).

	f_e/f_b
McK	0.1325
PM	$0.1348 \cdot m^{-0.103} \cdot kt^{0.027} \cdot TOC^{0.05}$
PMs	$0.1403 \cdot m^{-0.103}$

Tabla 1. Parametrizaciones de f_e/f_b analizadas para estimar UV-E con la Ec. 1

El factor multiplicativo en PMs (0.1403) difiere del de PM (0.1348) porque PMs se utiliza la Ec.2 imponiendo valores medios de kt (valor medio de 0.57) y TOC (valor medio de 3, equivalente a 300 Unidades Dobson). Estos valores medios pueden variar para diferentes ubicaciones, alterando el factor multiplicativo al usar este método en otros sitios.

Los UV-E estimados de esta forma se comparan con medidas simultáneas de calidad de UV-E. El desempeño se cuantifica con las métricas usuales en el área: Mean Bias Deviation (MBD) y Root Mean Square Deviation (RMSD), expresadas como porcentaje de la media de las medidas.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados se incluyen en la Figura 1 y en la Tabla 2.

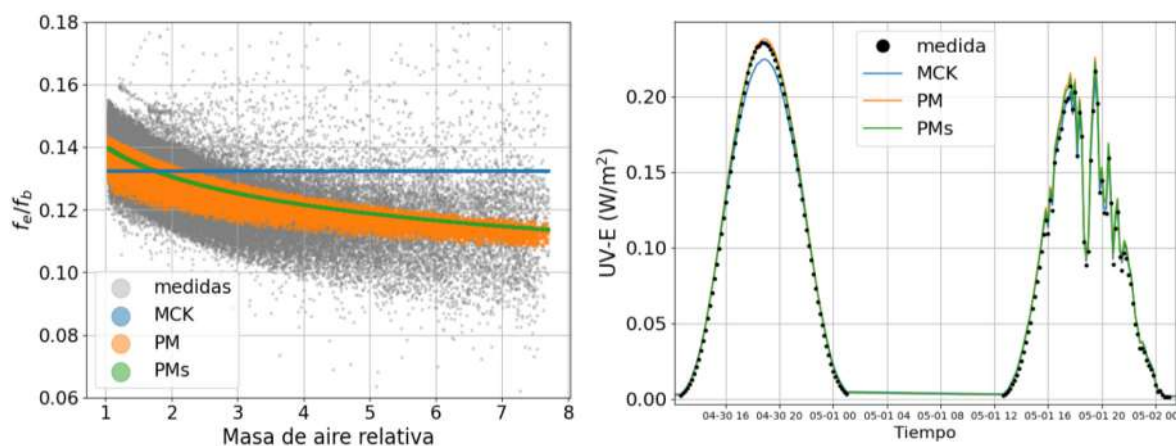


Figura 1. (izq.) Expresiones de f_e/f_b consideradas. (der.) series temporales de UV-E estimados y medidas para dos días consecutivos.

En la Figura 1 (izq) se observa el comportamiento de las parametrizaciones analizadas. En gris se encuentran los datos medidos, que evidencian una fuerte dependencia de f_e/f_b con la masa de aire (altura solar). Se observa que McK subestima cuando m es pequeño (mediodía solar) y subestima para m altos. Esto sugiere que asumir f_e/f_b constante es una aproximación gruesa. Por otro lado, se observa una mayor similitud en general en los casos PM y PMs. En la derecha, se observan las series temporales obtenidas de UV-E para dos días a modo de ejemplo. Se corrobora lo observado en la figura de la izquierda, sobre todo en el mediodía del día despejado, donde se aprecia el sesgo negativo para McK. En la Tabla 2 se muestran los indicadores de desempeño. No se incluyen las correlaciones porque todas son altas y superiores a 0.997.

	MCK	PM	PMs
MBD (%)	-1.72	0.45	0.16
RMSD (%)	9.31	6.43	6.72

Tabla 2. Desempeño de las parametrizaciones de fe/fb. Los porcentajes refieren a la media de UV-E (69.7 mW/m²). Se analizaron 78720 pares de puntos.

En conclusión, se evaluó la precisión de la estimación de UV-E e IUV a partir de medidas de UV-B a nivel 10 minutas. El método proporcional de McKenzie induce un sesgo negativo en la estimación de UV-E y un error del 9.3% (RMSD). Las parametrizaciones PM y PMs mostraron un desempeño muy bueno y similar, con sesgos medios cercanos a cero y errores del orden del 6%. Se destaca especialmente PMs por su gran simplicidad, ya que no requiere información adicional como el contenido de ozono o el índice de claridad, y utiliza únicamente la posición solar ($f_e/f_b = 0.14 \text{ m}^{-1.03}$). Por lo que es recomendable utilizar PMs para estimar de forma precisa el IUV si se cuenta únicamente con medidas UV-B.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Gelaro, R.; McCarty, W.; Suárez, M.; Todling, R.; Molod, A.; Takacs, L.; Randles, C.; Darmenov, A.; Bosilovich, M.; Reichle, R.; y Wargan, K, 2017: The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). *J. Clim.* 30: 5419–5454.

Laguarda, A.; Abal, G.; Russo, P., Habte, A. 2024: Estimating UV-B, UV-Erythemic, and UV-A Irradiances From GHI and MERRA-2 Ozone Column Information. *ASME. J. Sol. Energy Eng.* 147(2): 021001.

McKenzie, R.; Smale, D.; Kotkamp, M., 2004: Relationship between UVB and erythemally weighted radiation. *Photoch.Photob.Sci.* 3, 252–256
 Young, A., 1994: Air mass and refraction. *App. Optics*, (6): 1108–1110.

WMO/GAW, 2014: Rationalizing nomenclature for UV doses and effects on humans. Technical Report 211, CIE, World Meteor. Org. (WMO).

ANÁLISIS DE CASOS DE CAÍDAS DE ÁRBOLES Y ROTURA DE RAMAS, POR EVENTOS METEOROLÓGICOS EN MONTEVIDEO ENTRE 2014 Y 2022

Palabras clave: Vientos extremos, arbolado.

Mariana Molinari¹
Germán Vázquez¹
Sofía Orteli¹
Alejandro Gutiérrez Arce¹
mmolinari@fing.edu.uy

¹IMFIA FING UdelaR, Montevideo, Uruguay

INTRODUCCIÓN

Dada la ubicación de Uruguay este experimenta una amplia variedad de cambios rápidos en cuanto a encuentros de masas de aire frío de los polos y masas de aire cálido de los trópicos. Los encuentros de estos frentes generan frecuentemente precipitaciones y tormentas que se pueden desarrollar en escala de horas.

En cuanto a los daños que estos eventos extremos provocan sobre el arbolado en el departamento de Montevideo no se encontraron estudios previos. Sin embargo, se han encontrado múltiples estudios que analizan los daños en el arbolado enfocándose en el propio árbol. El trabajo de Terrani Texeira, 2014, analiza la estructura, estado y comportamiento de la población general y de las principales especies en el departamento. Este análisis incluye un estudio detallado de las enfermedades que se encuentran en las distintas especies del arbolado. Entre las conclusiones de este trabajo, se destaca que el estado vegetativo de los árboles en general es bueno, aunque hay una cantidad importante de árboles de edad avanzada y gran tamaño, características relevantes al momento de realizar una evaluación de riesgo.

Este trabajo pretende ofrecer un enfoque centrado en la identificación de los Eventos Meteorológicos (EM) que provocan daños en el arbolado del departamento, evaluando las condiciones meteorológicas registradas en estaciones durante los eventos en los que se constataron daños, tanto por caída de árboles como de ramas.

Frente a la ocurrencia de un EM los árboles están sometidos al empuje del viento, por lo cual el volumen de su follaje es extremadamente significativo desde el punto de vista de las cargas dinámicas a las que están expuestos. Por otro lado, las precipitaciones extremas y sostenidas durante un período, combinadas con vientos extremos, pueden provocar la caída de árboles debido al cambio de las condiciones del suelo y de la capacidad reducida de las raíces para soportar sollicitaciones mecánicas. En Coder, 2008 se caracterizan diferentes eventos extremos en EEUU y el daño en árboles, mientras que en Bozzo, 2021 se destaca la importancia que tiene el arbolado urbano, subrayando su rol ante olas de calor, viento, sequías, inundaciones, entre otros.

DATOS Y METEOROLOGÍA

Se toman como insumo el registro histórico de los trabajos de emergencias realizadas por las empresas contratadas por la IMM entre 1/1/2014 y el 31/12/2022, los cuales abarcan desde el levantamiento de ramas hasta la extracción completa de los árboles. El análisis se presentará considerando las especies de árboles, la periodicidad y densidad de los mismos, así como los factores meteorológicos, como la velocidad del viento, ráfagas y precipitación, registrados en las estaciones de Carrasco, Melilla y el Prado, pertenecientes a INUMET.

Además, se presenta la Escala de Beaufort, la cual es utilizada como referencia por la IMM para identificar eventos de posible riesgo para el arbolado. Dicha escala describe posibles escenarios en relación con la intensidad del viento. La Escala de Beaufort (WMO, 1970) fue creada en 1805 es un sistema ampliamente reconocido para clasificar la intensidad del viento en función de sus efectos en el mar y en tierra. Esta escala, que va del 0 al 12, proporciona una descripción de las condiciones del viento, vinculadas a sus efectos observados en la tierra y mar.

De acuerdo a la información del censo 2005-2008, el arbolado de Montevideo no está distribuido uniformemente entre los Municipios. Se observa una gran presencia del Fresno en todo el departamento, seguido por el Paraíso, que está muy presente en la mayoría de los Municipios, excepto en el Municipio B, donde cerca del 50% del arbolado está compuesta por el Plátano, la cuarta especie que se destaca es la Tipa.

Es de interés identificar la totalidad de los eventos meteorológicos (EM) que provocaron daños en el período analizado la Figura 1 muestra a la izquierda a modo de ejemplo el año 2018 para el Municipio C y la estación del Prado, estos se identificaron considerando; Eventos Meteorológicos registrados por la IMM (Emr, cuad. amarillos), EM crítico los cuales contemplan aquellas fechas con múltiples de trabajos realizados en un día (aster amarillos). Además, se identificaron visualmente EM observando los valores de precipitación, ráfagas y vientos ocurridos el mismo día o el día previo a la realización de trabajos (cuad. verdes). A estos casos, denominados EMi, los cuales no fueron incluidos en el registro de la IMM.

Sin considerar aquellas fechas en las que se realizaron más de 14 trabajos en días consecutivos, se identificaron 41 fechas candidatas a ser EMc. Comparando estos EM con los EMr el criterio de 14 trabajos realizados catalogó de igual forma al 83% de los mismos.

Solo se consideran fechas donde fueron observados trabajos al ser varias de las especies del arbolado de hoja caduca la distribución de trabajos de emergencia se ajusta a su propio ciclo fenológico.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Considerando el período analizado 2014-2022, si bien todos los meses registraron EM asociados a daños, se constata que la mayor frecuencia de EM es entre Octubre y Marzo, siendo los meses con mayor cantidad de casos Diciembre, Enero y Febrero. Tanto el Fresno como el Paraíso no suelen tener hojas en invierno lo cual puede ser una de las principales causas de la disminución de los trabajos entre los meses de Marzo a Setiembre.

Los años con mayor cantidad de EM asociados a daños fueron los años con mayor nivel de precipitaciones y por consiguiente mayor actividad convectiva en la atmósfera.

En el período 2019-2022 los géneros más afectados fueron en orden Fresno, Paraíso, Plátano y Eucalipto. Se debe de tener en cuenta que dada la mayor presencia del Fresno y el Paraíso tiene sentido que dichas especies sean las que más trabajos requieran. Por otra parte el Plátano es de los árboles más afectados en el Municipio B lo cual es consistente con que es el más abundante representando el 51% de los árboles allí existentes en 2008.

En cuanto al género Tipa representa cerca del 12% del arbolado del Municipio CH, sin embargo represento más del 20% de los trabajos que allí se realizaron en el período 2014-2018 lo cual puede estar indicando una debilidad en dicho género durante esos años. En el período 2019-2022 el porcentaje de trabajos que requirió este género fue inferior (11%). Los EM registrados el Paraíso y el Plátano aproximadamente las 3/4 partes de los trabajos se realizaron sobre las ramas no siendo necesaria su extracción mientras que el Sauce requirió la extracción en el 65% de los trabajos realizados, siendo esta especie una especie de baja participación en términos porcentuales.

La estaciones de Carrasco y Melilla se encuentran en zonas menos afectadas por el entorno urbano, analizando los EM la velocidad media máxima fue superior a 5 m/s es decir que registran velocidades más elevadas que la estación de Prado.

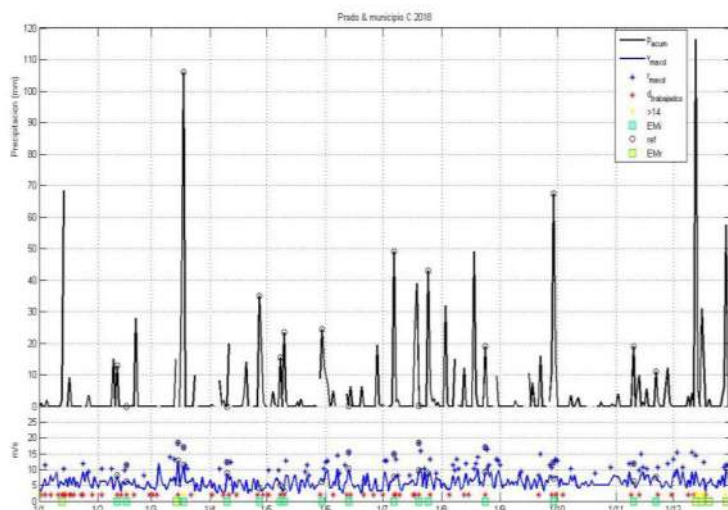


Figura 1. Municipio C vs. estación del Prado 2018. En negro, se presenta la precipitación acumulada diaria; la línea continua azul indica el viento medio máximo del día; los asteriscos azules representan las ráfagas máximas del día; los asteriscos rojos marcan las fechas trabajadas; los asteriscos amarillos destacan las fechas con más de 14 trabajos realizados. Los cuadrados verdes indican las fechas ingresadas como eventos meteorológicos por la IMM (EMr) y los cuadrados celestes

En general los EM que provocan daño al arbolado tienen ráfagas que superan los 10 m/s (36 km/h), en el caso de los eventos críticos la ráfaga registrada superaron en general los 15 m/s (54 km/h).

Se pudo constatar que en todos los EM en general asociados a daños y en particular los EM críticos se tuvieron altas frecuencias en precipitaciones acumuladas entre 20 mm y 60 mm considerando los 2 días previos al evento y el mismo día del evento (esto es el acumulado a 3 días). En los EM críticos al analizar la ocurrencia de precipitaciones el mismo día y los días previos se puede ver que se una relevancia mayor del patrón para 7 días, donde los eventos se dan con precipitaciones acumuladas en general mayores a 20mm.

A modo de ejemplo de estos comportamientos se presenta la Figura 2 la cual muestra los parámetros registrados para los EM críticos (aquellos que presentaron más de 14 trabajos en el día) en la estación de Carrasco.

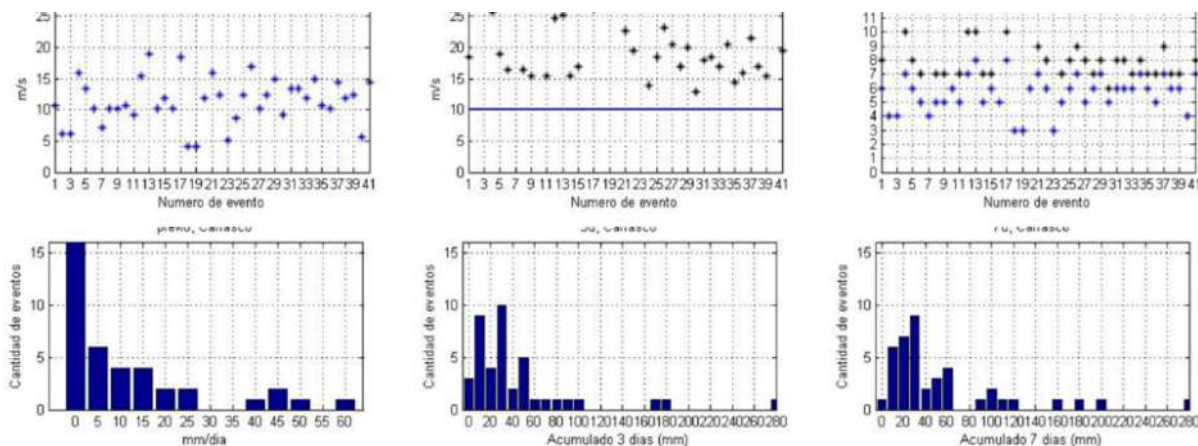


Figura 2. De izquierda a derecha se presenta la velocidad media máxima registrada en el día, en la columna media la ráfaga máxima, la columna derecha la escala Beaufort asociada al viento máximo (azul) y a la ráfaga máxima (negro). La segunda fila muestra la precipitación acumulada del día del evento (hasta las 7 h), la columna central la acumulada en 3 días incluyendo el día del evento, y la columna derecha la acumulada 7 días incluyendo el día registrado como posterior al evento (es decir que culmina a las 7h del día siguiente del evento)

Como era de esperarse no todos los trabajos de emergencia son provocados por EM ni todas los EM provocan trabajos, es de especial interés conocer el estado del arbolado para una mayor comprensión de la relación entre EM y daño.

REFERENCIAS

Terrani Texeira, E., 2014. Evaluación de la estructura y comportamiento urbano en Montevideo.

Coder, K. D., 2008. Storm wind loads & tree damage.

W.M.O., 1970. The Beaufort Scale of Wind Force:(technical and Operational Aspects). Number 3. World Meteorological Organization. Commission for Maritime Meteorology.

Bozzo, A. e. a., 2021. Consultoría para apoyo al desarrollo e implementación de planes de arbolado urbano y áreas verdes departamentales considerando la capacidad de producción de viveros, para la adaptación al cambio climático y la variabilidad.

CICLOGÉNESIS EXPLOSIVA EN LAS COSTAS DEL RÍO DE LA PLATA Y DEL OCÉANO ATLÁNTICO, 10 DE JULIO 1923 Y 23 DE AGOSTO 2005

Palabras clave: Ciclogénesis explosivas, ciclón extra tropical Río de la Plata y Océano Atlántico.

Fernando Torena¹

César Vecino¹

ftorena@fau,mil.uy

¹Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea (S.M.F.A.)

INTRODUCCIÓN

Sobre las zonas centro y este de Argentina (Provincias de Entre Ríos, Buenos Aires y Corrientes) y la totalidad de territorio del Uruguay, es habitual la formación de ciclones extratropicales (frontales), que tienen un desplazamiento hacia zonas del Océano Atlántico. En estos ciclones extratropicales, en algunos casos, se produce ciclogénesis explosiva que se caracteriza por un rápido descenso de la presión atmosférica de por lo menos de 16 hPa en 24 horas en latitud media de 35 °, según el criterio de Sanders y Gyakum, 1980.

El estudio de Marcelo Seluchi, meteorólogo egresado de la Universidad de Buenos Aires, sobre el "Diagnóstico y pronóstico de situaciones sinópticas conducentes a ciclogénesis sobre el este de Sudamérica", en 54 casos de eventos de ciclogénesis en la región del Litoral Este de Argentina, determino que los sistemas frontales se desarrollan sobre la mencionada región por un mayor contraste térmico y un máximo de vorticidad ciclónico en niveles medios de la atmósfera.

En el caso del evento del 10 de julio de 1923, en donde existe ausencia de información de altura, se puede considerar como factores posibles del desarrollo y la rápida ciclogénesis, según Ucellini (1990) en dos puntos:

- a) Superposición de procesos dinámicos entre alta y baja atmósfera.
- b) Alta tasa de profundización por la interacción de procesos diabáticos y dinámicos.

A su vez, debemos considerar según Wang y Rogers (2001), no existe un acuerdo sobre un único factor detonante sobre la rápida profundización de ciclones extra tropicales.

En consecuencia, el objetivo de este análisis es encontrar los mecanismos físicos que interactuaron para el desarrollo de una rápida profundización sobre el Río de la Plata y áreas del Océano Atlántico en los casos del 10 de julio de 1923 y el 23 de agosto de 2005.

DATOS Y METEOROLOGÍA

Se obtuvieron datos de las Estaciones Meteorológicas perteneciente al Banco de Datos del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET) del año 1923, extrayendo información del período comprendido entre el 6-11 de julio de:

Antepuerto y Prado (Montevideo), Punta del Este (Maldonado), Rocha, Mercedes (Soriano), Melo (Cerro Largo), Santa Isabel (Tacuarembó) y Rivera, con datos de temperatura, humedad relativa, dirección e intensidad del viento, presión atmosférica y observaciones destacadas como notas de los observadores. Posteriormente, se digitalizaron y graficaron las variables meteorológicas además de ploteo y análisis de cartas de superficie a una escala mesoescalar.

RESULTADOS

Considerando los factores posibles del desarrollo y la rápida ciclogénesis según Ucellini (1990), la superposición de procesos dinámicos entre alta y baja atmósfera, para el caso de los datos obtenidos de 1923, solo se limitan a datos de superficie, impidiendo realizar un análisis de altura para poder verificar la superposición mencionada.

Comparando la presión y posición de los dos casos de análisis se puede desprender que la génesis de su formación y desplazamiento son muy similares.

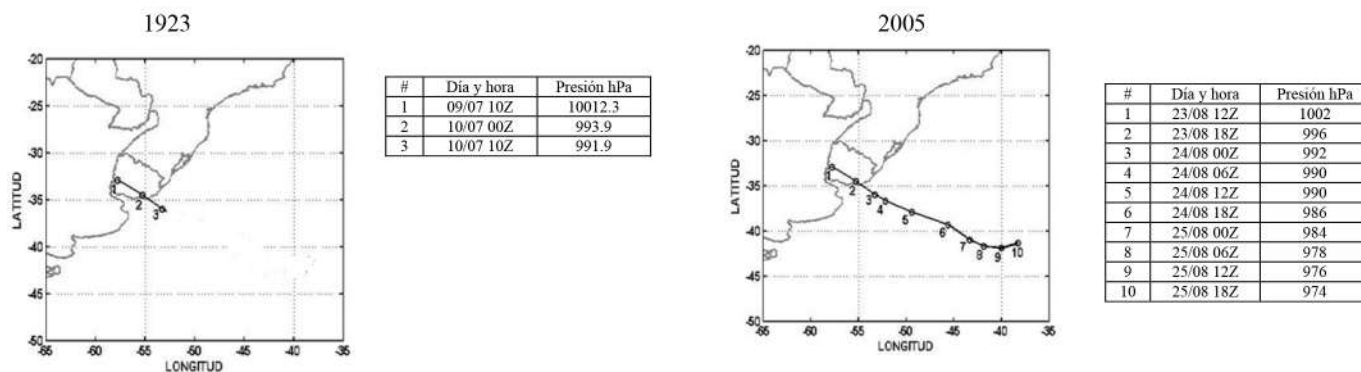


Figura 1. Ubicación de los centros de ambos ciclones de estudio.

Entre el 09 y 10 de julio de 1923, comienza el desarrollo de una ciclogénesis sobre Uruguay, que se profundiza rápidamente entre las 10Z del día 09 y las 10Z del día 10. Según el criterio de Sanders y Gyakum, 1980, un ciclón extra tropical se clasifica como explosivo, si cumple con la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta P}{24hs} \geq \frac{24hPa}{24hs} \frac{\text{sen}\varphi}{\text{sen}60}$$

El descenso de presión para una latitud media de 35 °, debe ser 16 hPa en 24 horas. En el caso de estudio del período 09-10 de julio de 1923, fue de 20.4 hPa en 24 horas.

Si analizamos la alta tasa de profundización por la interacción de procesos diabáticos y dinámicos, según Ucellini (1990), el factor que se relaciona a la liberación de calor latente en la baja atmósfera es la precipitación convectiva intensa. En este sentido, la liberación de calor latente con condensación fue el mecanismo más importante que intensificó el movimiento de ascenso al este del ciclón, para el caso de julio de 1923.

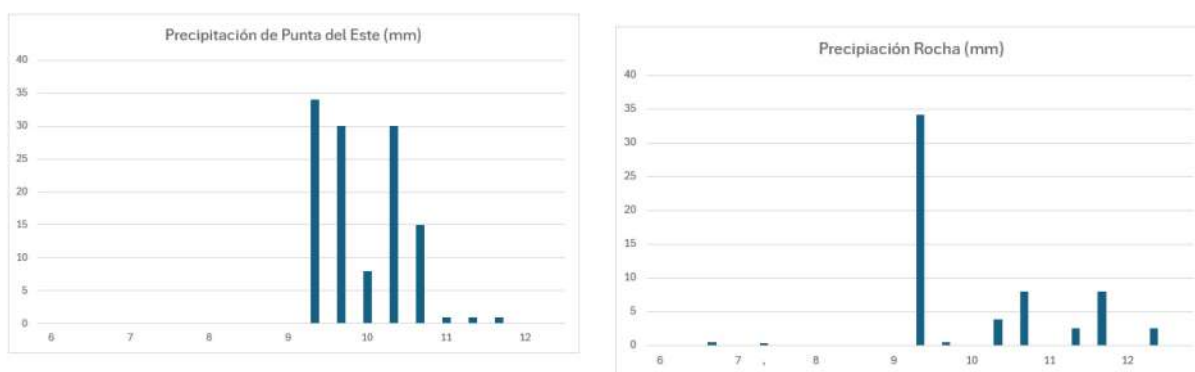


Figura 2. Se detallan en estas gráficas las tasas de precipitación entre el 9 y el 10 de julio de 1923 en Punta de Este y Rocha

En el caso del 23 de agosto de 2005 las tasas de precipitación entre las 12UTC del día 23 a las 12UTC del día 24 fue de 20mm tomando como fuente de información el Synop de la Estación Meteorológica de Carrasco (designación OMM 86580)

CONCLUSIONES

En ambos casos se puede concluir que el desarrollo de los ciclones sobre el Río de la Plata y el Océano Atlántico tuvo un origen e intensidad del viento similares.

Para el evento de 1923, a las 22:30Z del día 10 julio, la ráfaga máxima registrada fue de 200 km/h en el Antepuerto (Montevideo), en el Prado (Montevideo) 76 km/h el día 11 de julio a las 02:00Z y de 98 km/h en Punta del Este, el día 11 de julio a las 00:00Z.

El evento del 2005, a las 22Z del día 23 de agosto en Piloto Norden (estuario del Río de la Plata) registró una máxima de 106 km/h, mientras que, en el Aeropuerto de Carrasco, a las 00:40Z del 24 de agosto, con una máxima de 174 km/h.

En referencia a la ciclogénesis explosiva, en el caso de 1923 se desarrolló en 24 hrs, mientras que, en el 2005, la misma se generó en 12 hrs. Es importante señalar que, la ocurrencia de la intensidad del viento es coincidente con fuertes gradientes de tendencia de presión observados en las estaciones meteorológicas analizadas.

Comparando los casos de 1923 y 2005, los mismos se generaron inicialmente como una ciclogénesis clásica, y a medida que se fueron desarrollando, se potenciaron por la convección presente.

REFERENCIAS

Campetella C., Vidal L. y Possia N, 2011. Un temporal de viento en el Río de la Plata. Revista Meteorológica, Volumen 36, número 2.

Registro de Estaciones Meteorológicas de Antepuerto, Prado, Punta del Este, Rocha, Mercedes, Santa Isabel, Melo y Rivera del Banco Nacional de Datos del INUMET.

Sanders F. y J. R. Gyakum, 1980. Synoptic-dynamic climatology of the "bomb". Mon. Wea. Rev., 108, 1589-1606.

Seluchi. M. 1995. Diagnóstico y pronóstico de situaciones sinópticas conducentes a ciclogénesis sobre el este de Sudamérica. Revista Geofísica internacional, Vol 34 Num2 <http://revistagi.geofisica.unam.mx/index.php/RGI/article/view/737>

Uccellini L., 1990. Processes contributing to the rapid development of extratropical Cyclones (Chap. 6). Palmén Memorial Volume (C. W. Newton, and E. O. Holopainen, eds.). Amer. Meteor. Soc. 81-105.

Wang Ch. y Rogers J. C., 2001. A Composite Study of Explosive Cyclogenesis in Different Sectors of the North Atlantic.

Part I: Cyclone Structure and Evolution. Monthly Weather Review, 129 (6), 1481-1499.

08

B



METEOROLOGÍA Y PRODUCCIÓN

AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS QUE GENERAN DAÑOS POR VIENTO Y GRANIZO EN INVERNADEROS DE SALTO Y ALREDEDORES

Palabras clave: granizo, vientos intensos, invernaderos

Valeria Durañona¹

Mariana Molinari^{1,2}

valeriad@fing.edu.uy

¹Instituto Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental - Facultad de Ingeniería, UdelaR

² Departamento de Ciencias de la Atmósfera y Física de los Océanos, Instituto de Física - Facultad de Ciencias, UdelaR

INTRODUCCIÓN

En este informe se presentan resultados obtenidos en el marco del Proyecto CSIC- VUSP: "Análisis de eventos climáticos extremos y su incidencia sobre la producción hortofrutícola en Salto", en relación a la caracterización de las condiciones meteorológicas que generan daños por viento y/o granizo en invernaderos en el departamento de Salto y alrededores.

Uruguay se encuentra en la segunda región del mundo de mayor frecuencia de ocurrencia de tormentas convectivas severas (Zipser et al., 2006). Estas se producen con mayor frecuencia e intensidad en el noroeste del país (Durañona et al., 2022).

Un evento intenso de viento y/o granizo puede afectar tanto a la cobertura de los invernaderos como a su estructura. Los cultivos protegidos por estos, si no se dañaron debido a ese evento, pueden dañarse en episodios posteriores de lluvia y/o de bajas temperaturas, ya que la reposición de las coberturas, o la reparación de una estructura no es inmediata. El impacto económico no sólo lo sufren los productores, sino también trabajadores zafrales directamente vinculados a los invernaderos, como camioneros, comerciantes intermedios y demás integrantes de la cadena de producción, ya que gran parte de esta producción se comercializa en Montevideo y alrededores, así como el consumidor final por la consecuente suba de precios. El impacto sobre los productores puede ser a corto, mediano y muchas veces a largo plazo, ya que puede hacer que un productor no pueda afrontar a futuro las pérdidas generadas por un evento en particular.



Figura 1. Ejemplos de daños causados por viento y/o granizo en invernaderos y cultivos protegidos

METEOROLOGÍA

Inicialmente se realizó una búsqueda de fechas entre 2013 y 2022 en las que se vieron afectados invernaderos en la zona de Salto y alrededores por vientos intensos y/o granizo, o se registraron episodios de vientos fuertes y/o caída de granizo relevantes en la región. Luego se seleccionaron para su posterior estudio, aquellas fechas que generaron mayores daños.

En la región de estudio se incluyeron los departamentos de Artigas y Paysandú, ya que se ha verificado que estos departamentos presentan un comportamiento similar respecto a su clima de vientos extremos (Durañona et al., 2022). El equipo de investigación también ha verificado que los episodios de vientos extremos en esta región muchas veces van acompañados de caída de granizo, y viceversa.

Se realizaron búsquedas en periódicos nacionales y de la región, en datos de granizo de INUMET, así como en páginas de Facebook dedicadas a difundir información variada de eventos meteorológicos intensos que ocurren en Uruguay y la región (Tabla 1).

Fuente periodística	Dirección web	Página de Facebook	Dirección web
El País	https://www.elpais.com.uy	Meteorología Estación BCP*	https://www.facebook.com/estacionbcp
El Observador	https://www.elobservador.com.uy	Meteorología para Uruguay y Vigilantes del Tiempo	https://www.facebook.com/groups/vigilantesdeltempouy
Diario el Pueblo Salto	https://diarioelpueblo.com.uy		
El Telégrafo	https://www.eltelegrafo.com	Southeastern South America intense winds	https://www.facebook.com/groups/SESA.intense.winds
Salto Informa	https://saltoinforma.com		

Tabla 1. Fuentes periodísticas y páginas de Facebook utilizadas

Se encontraron 88 fechas entre el 1/1/2013 y el 20/9/2022, de las cuales se seleccionaron 7: el 1/10/2017, 18/10/2017, 2/11/2017, 11/6/2018, 11/12/2018, 30/1/2021 y 11/7/2022.

Como fuentes de información meteorológica se utilizaron datos de estaciones meteorológicas de UTE-Eólica, de estaciones de INUMET e imágenes satelitales de GOES-CPTEC. Se analizó la información disponible en conjunto para evaluar las condiciones meteorológicas que dieron lugar a eventos de tiempo severo en la región en cada fecha, buscando identificar el inicio del sistema convectivo que los generó, su evolución y en particular su comportamiento sobre la región de estudio.

RESULTADOS

Las fechas en las que se registraron los mayores daños sobre invernaderos entre 2013 y 2022 y las principales características de las tormentas que tuvieron lugar se presentan en la Tabla 2:

Fecha	Daños por	También se registró	Descripción de las tormentas sobre la región de estudio
1/10/2017	granizo	viento, sin información de precipitaciones	Tormentas organizadas en una línea orientada NO-SE que se traslada hacia el NE
18/10/2017	viento y granizo	75-150mm de lluvia acumulada	Tormentas que se trasladan hacia el SE en la mañana, que generan viento y granizo. Tormentas orientadas O-E, que se trasladan hacia el NE en la noche, que generan viento
2/11/2017	viento	25-75mm de lluvia acumulada	Tormentas organizadas en una línea NO-SE que se traslada hacia el NE. Más al norte del país se traslada en dirección NNE
11/6/2018	viento y granizo	25-75mm de lluvia acumulada	Tormentas generadas al O y NO de Salto que se trasladan hacia el SE
11/12/2018	viento y granizo	25-75mm de lluvia acumulada	Complejo convectivo de mesoescala con tormentas intensas sobre la región que se traslada lentamente hacia el NE
30/1/2021	viento	Granizo, lluvia intensa en Bella Unión (40mm en 35min), y 25-75mm de lluvia acumulada	Tormentas organizadas en una línea orientada N-S que se traslada hacia el E
11/7/2022	viento y granizo	25-75mm de lluvia acumulada	Tormentas organizadas en una línea orientada NO-SE que se traslada hacia el NE

Tabla 2. Fechas en las que se registraron los mayores daños sobre invernaderos entre 2013 y 2022, y principales características de las tormentas

Como se puede observar, de las 7 fechas en las que se registraron los mayores daños en invernaderos en Salto y alrededores en un periodo de 10 años, 4 (60%) se debieron al pasaje de tormentas organizadas en línea. En 3 de estas fechas (45%) esta línea se orientó NO-SE, trasladándose hacia el NE y en 1 (15%) la línea se orientó N-S, trasladándose hacia el E. En 3 de estos casos se registró viento y granizo en la región de interés, y en 1 caso, sólo viento.

En 2 fechas (30%) se tuvieron tormentas que se trasladaron hacia el SE y que generaron viento y granizo. En una de ellas, el mismo día de noche se tuvieron también tormentas orientadas OE, trasladándose hacia el NE, que generaron viento. En la restante fecha se tuvieron tormentas intensas sobre la región debido a la presencia de un complejo convectivo de mesoescala (CCM), las cuales generaron tanto viento como granizo. Todos los episodios fueron acompañados por importantes lluvias acumuladas en 24 horas, de acuerdo al Boletín Pluviométrico de INUMET.

CONCLUSIONES

En los 10 años estudiados, las condiciones meteorológicas que generaron los daños más significativos en invernaderos en el departamento de Salto y alrededores se debieron al pasaje de tormentas de distintas características sobre la región de estudio. En 60% de los casos los daños se debieron tanto a viento como a granizo, y en la totalidad de los casos de los que se tenía registro, se tuvieron acumulados diarios de lluvia mayores a 25mm y de hasta 150mm. También en el 60% de los casos, estas tormentas se organizaron en líneas orientadas NO-SE que se trasladaban hacia el NE, generando en la mayoría tanto viento como granizo. En algunas de estas situaciones se pudo identificar el pasaje de un frente frío. Otras situaciones diversas también generaron daño por viento y granizo en la región. Estas correspondieron a tormentas que se trasladaron hacia el SE, tormentas que se trasladaron hacia el E, y al pasaje de un CCM.

El 60% ocurrió en primavera, y los restantes se repartieron entre verano, otoño e invierno.

REFERENCIAS

Durañona, V., Molinari, M., Perera, G., Piccini, J. y Denis, A., 2022: "Identificación y caracterización de los vientos extremos que afectan a Uruguay" Revista Jornamet. P.35

Gan, M. A., Rao V. B. 1991: "Surface cyclogenesis over South America." Monthly Weather Review 119: 1293-1302.
Seluchi, M. E. 1995: "Diagnosis and prognosis of synoptic conditions prone to the occurrence of cyclogenesis in eastern South America." Geofísica Internacional 34(2): 171-186.

Zipser, E. J., C. Liu, D. J. Cecil, S. W. Nesbitt and D. P. Yorty 2006: "Where are the most intense thunderstorms on Earth?" Bulletin of the American Meteorological Society 87(8):1057-1071

GOES-CPTEC/INPE, 2024. Base de datos del GOES 13 y GOES 16 perteneciente al Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ANÁLISIS DEL RECURSO EÓLICO OFFSHORE EN URUGUAY

Palabras clave: Recurso eólico, offshore, Uruguay.

Santiago de Mello¹

Pablo Vogel¹

Marcos Ribeiro¹

sdemello@ute.com.uy

¹ Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE)

INTRODUCCIÓN

La energía eólica offshore ha ganado relevancia en Uruguay en el contexto de la transición energética, impulsada por la "Hoja de ruta del hidrógeno verde" presentada por ANCAP en junio de este año (MIEM, 2024; Ferragut, P., et al, 2024). Este informe tiene como objetivo principal analizar las oportunidades que presenta el recurso eólico en el mar territorial uruguayo. Para ello, se establecen tres metas específicas:

- Comprender la variabilidad del recurso eólico offshore en las aguas territoriales de Uruguay.
- Analizar las diferencias con respecto al recurso eólico onshore (Figura 1).
- Modelar un parque eólico de 1000 MW para estudiar su comportamiento en términos de complementariedad con otras fuentes de energía y evaluar su impacto en distintos marcos temporales, desde ciclos diarios hasta variabilidad interanual.

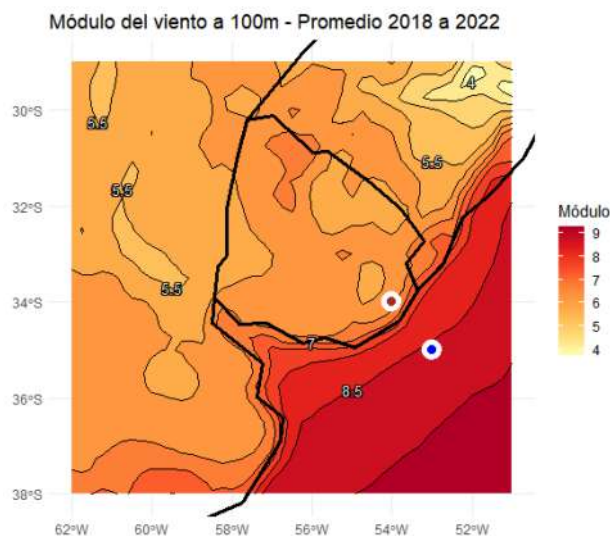


Figura 1: Módulo del viento en promedio para todo el período de análisis. Puntos seleccionados para comparar los recursos offshore (azul) vs onshore (rojo).

METEOROLOGÍA

El estudio utilizó datos de reanálisis proporcionados por el Centro Europeo, con una resolución espacial de grilla de 0.25° y datos horarios durante un período de cuatro años 2018 a 2021 (Hersbach, H. et al. 2020). Estos datos se validaron mediante la comparación con mediciones de tres torres eólicas terrestres instaladas por UTE a 100 metros de altura. Esta validación también fue contrastada con la información contenida en la hoja de ruta del hidrógeno verde, destacando las similitudes y diferencias entre ambas fuentes de datos. La conversión del recurso eólico a energía eólica offshore se realiza utilizando la metodología de Bokde, N., et al. (2018) y la selección de los modelos de aerogenerador se basó en Pimenta, M., et al. (2019) (figura 2).

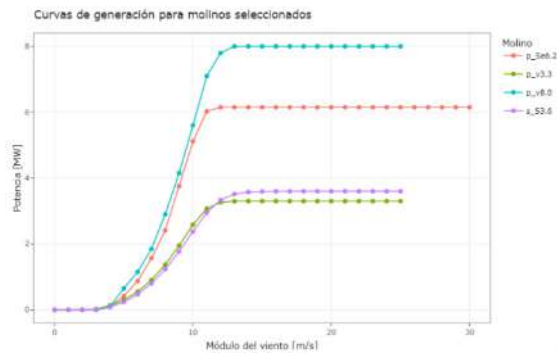


Figura 2: Curvas de potencia – viento, para los aerogeneradores seleccionados en la simulación de potencias.

RESULTADOS

Los resultados preliminares destacan varias ventajas del recurso eólico offshore respecto al onshore. En promedio, el recurso eólico en el mar territorial uruguayo presenta una velocidad media anual superior en 2.3 metros por segundo, con una variabilidad estacional e intraestacional más marcada (Reboita, et al. 2012). A diferencia del recurso onshore, el offshore muestra una menor variabilidad diaria y mayor variabilidad estacional (Figura 3 y Tabla 1), lo que lo convierte en una fuente más estable a lo largo del día. Esta característica, además, está mejor correlacionada con la demanda energética de Uruguay, lo que sugiere una mayor compatibilidad con las necesidades del sistema energético nacional.

Estación del año	Media del viento a 100mts		
	Agua	Tierra	Diferencia
MAN (otoño)	8,32	6,17	2,15
JJA (invierno)	9,38	6,57	2,81
SON (primavera)	8,50	6,44	2,08
DEF (verano)	8,00	6,00	2,00

Tabla 1: Viento medio por estación del año y diferencia entre punto seleccionado en Tierra vs. agua.

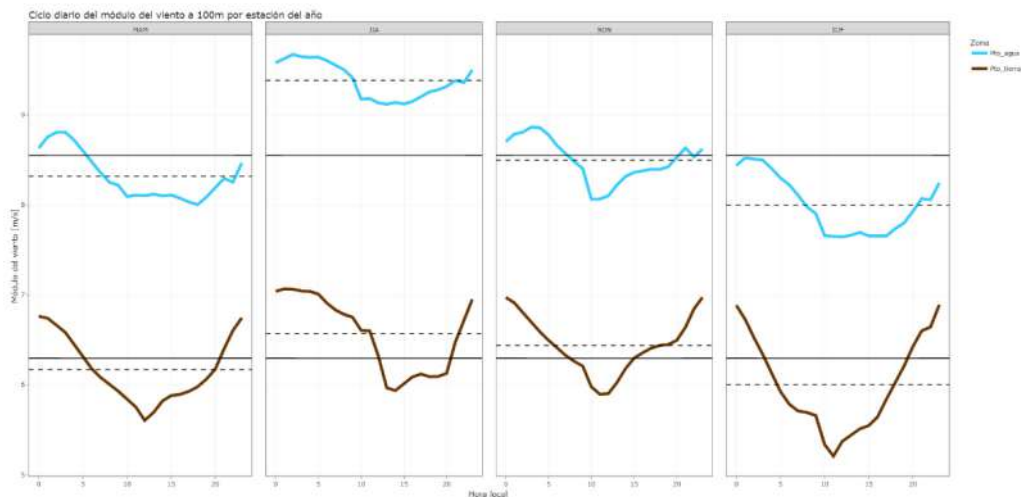


Figura 3: Comparación del ciclo diario del módulo del viento en el día y por estación del año.

En términos de simulación de parques eólicos, se modelaron diversas configuraciones utilizando tecnologías de aerogeneradores disponibles en la literatura científica. Los resultados sugieren que las tecnologías más recientes o de mayor tamaño no necesariamente ofrecen los mejores factores de disponibilidad de energía. Esta observación deja abierta una línea de investigación sobre la optimización de la tecnología a utilizar en parques offshore.

CONCLUSIONES

El estudio proporciona una visión integral de las oportunidades que el recurso eólico offshore representa para Uruguay. Las características de estabilidad y mejor correlación con la demanda energética posicionan esta fuente como una alternativa complementaria para el futuro desarrollo energético del país, especialmente en el contexto de la creciente relevancia del hidrógeno verde. Sin embargo, también señala que aún existen interrogantes sobre la elección de la tecnología más adecuada para maximizar el rendimiento de los parques eólicos en el mar.

REFERENCIA

Ferragut, P., et al, 2024: Hidrógeno verde y el potencial para Uruguay: insumos para la elaboración de la Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde de Uruguay. Inter-American Development Bank, United States of America, retrieved from <https://coilink.org/20.500.12592/t2nss2>.

Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), 2024: Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay. Accessed 28 Sep 2024, available at <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/hoja-ruta-hidrogeno-verde-uruguay-0>.

Hersbach, H., et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, vol. 146, no 730, p. 1999-2049.

Reboita, M., et al. (2012). "Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul." Terræ didática 8.1: 34-50.

Bokde, N., et al. (2018). Wind turbine power curves based on the weibull cumulative distribution function. Applied Sciences, 8(10), 1757.

Pimenta, M., et al. (2019). "Brazil offshore wind resources and atmospheric surface layer stability." Energies 12.21 (2019): 4195.

TELEDETECCIÓN EN EL MONITOREO DE LA SEQUÍA 2022-2023: CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA

Palabras clave: Recurso eólico, offshore, Uruguay.

Tiago Pohren Reis¹

Vanessa Erasun¹

José Valles León¹

tiago.pohren@ambiente.gub.uy

¹Sala de Situación y Pronóstico (SSP) - Centro de Modelación Hídrica (CMH), Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA), Ministerio de Ambiente (MA), Uruguay.

INTRODUCCIÓN

Las sequías resultan en efectos graves, extendidos y subestimados en las sociedades, ecosistemas y economías, afectando de forma desproporcionada a las personas más vulnerables y generando consecuencias que se extienden sobre grandes áreas y persisten a lo largo del tiempo (UNDRR, 2021). Entre los años 2020 y 2023, Uruguay experimentó una sequía severa, que causó daños significativos en el sector agropecuario y en el abastecimiento de agua potable en Montevideo. Según la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (2023), el impacto del evento en el sector agropecuario alcanzó los 1.883 millones de dólares, que equivale al 3% del PIB nacional y casi el 39% del valor agregado agropecuario. Entre las regiones más afectadas se encuentra la cuenca del río Santa Lucía, fuente de agua potable y de actividades agroindustriales, la cual abastece al 60% de la población de Montevideo y de la región metropolitana (Achkar et al., 2012).

Durante este evento, las cuencas del Río de la Plata y del río Santa Lucía registraron los mayores déficits de precipitación acumulada anual, con impactos severos en la región. Considerando el período climatológico de referencia (1981-2010) las anomalías mensuales de precipitación promedio en cuencas del río Santa Lucía variaron entre -95% y -19%, afectando la disponibilidad de agua superficial. Para la estación de monitoreo Fray Marcos del río Santa Lucía, el Índice Estandarizado de Caudales (SDI) a 3 meses mostró condiciones de sequía severa y extrema entre octubre de 2022 y noviembre de 2023.

En situaciones de sequía y de exceso hídrico, el monitoreo continuo y pronóstico de los recursos hídricos es fundamental para la gestión eficiente y la toma de decisiones acertadas (WMO, 2008). En relación a las sequías, una adecuada planificación depende de información actualizada sobre el estado de las reservas de agua y su evolución en el tiempo. En Uruguay, la Sala de Situación y Pronóstico - Centro de Modelación Hídrica (SSP - CMH) de la DINAGUA desempeña un rol clave en el monitoreo en tiempo real y en los pronósticos hidrológicos para fundamentar la toma de decisiones en la gestión del agua y de eventos extremos (Mvotma, 2017). En 2023, la SSP-CMH realizó actividades relacionadas al uso y generación de productos en base a teledetección para la cuenca del río Santa Lucía, enfocados en la identificación y cuantificación de los recursos hídricos superficiales, permitiendo monitorear embalses y estimar volúmenes almacenados.

METEOROLOGÍA

Para las actividades de monitoreo mediante teledetección, la SSP-CMH utilizó la plataforma Google Earth Engine (GEE). Como resultado, se desarrollaron dos aplicaciones con una interfaz gráfica que no requiere conocimientos de programación y que permiten la identificación y cuantificación de la superficie de espejos de agua mediante imágenes satelitales de Sentinel-2 y Landsat 8 y 9 por medio de índices. En semanas con inestabilidad atmosférica se emplearon imágenes de radar de apertura sintética (SAR) de Sentinel-1, aprovechando la capacidad de este tipo de sensor para atravesar las nubes.

Los primeros productos desarrollados con GEE tenían como objetivo el monitoreo de los reservorios Paso Severino y Canelón Grande y su comparación con el producto Global Surface Water (Joint Research Centre/Google), que identifica la ocurrencia del agua superficial (Figura 1). Este conjunto de datos contiene mapas que muestran la ubicación y distribución temporal del agua superficial desde 1984 hasta 2021, y proporciona estadísticas de la variabilidad de la superficie de agua.

En el contexto de escasez y deterioro de la calidad del agua para consumo humano, se evaluaron alternativas para el abastecimiento. Una de las opciones consideradas en 2023 fue el uso del agua embalsada en obras privadas localizadas en la cuenca del río Santa Lucía. Sin embargo, éstos resultaban esenciales para mantener la capacidad productiva de la cuenca; abrevadero de ganado y riego.

Para apoyar la toma de decisiones fue esencial conocer los volúmenes de agua embalsada en la cuenca del río Santa Lucía. Se analizaron los embalses con mayor espejo de agua y se consultaron las curvas volumétricas en los registros disponibles en DINAGUA (Figura 2) para el cálculo del volumen de agua. Este análisis permitió identificar estrategias para optimizar el uso de los recursos disponibles, concluyendo en que las reservas en la cuenca no eran suficientes para satisfacer la demanda hídrica de Montevideo y su área metropolitana, especialmente considerando las pérdidas en el transporte hasta la toma de Aguas Corrientes. Sin embargo, el mantenimiento de estas reservas para fines productivos fue crucial para preservar la capacidad productiva de la cuenca.

La integración de observaciones satelitales, los registros de las obras y los datos de la red de monitoreo de la DINAGUA resultó esencial para evaluar la disponibilidad de recursos hídricos y respaldar la toma de decisiones durante la sequía.

En las aplicaciones desarrolladas por la SSP-CMH en GEE, el usuario selecciona un área de análisis, que puede ser predeterminada o personalizada, así como una cobertura máxima de nubes para las imágenes. En una de las aplicaciones, el usuario elige fechas específicas para buscar una imagen puntual, mientras que en la otra selecciona un rango temporal, generando un gráfico que muestra la variación del espejo de agua en el área de interés a lo largo del tiempo. Ambas herramientas permiten descargar el polígono con el área identificada como agua en formato Shapefile.

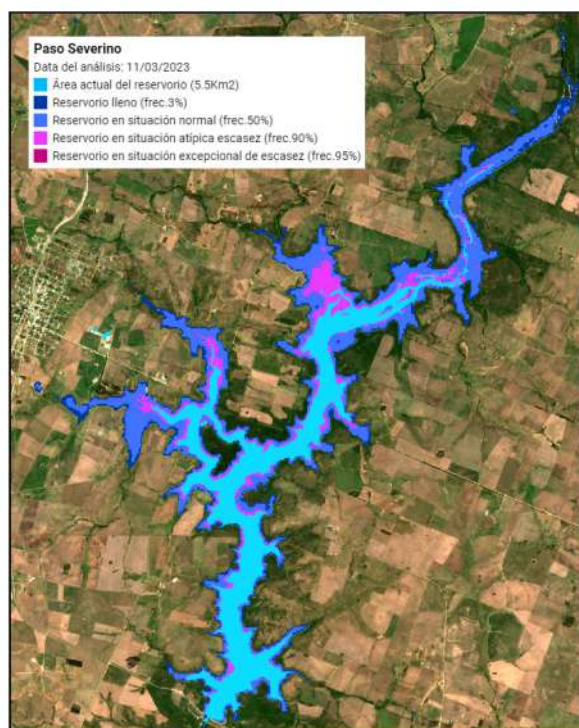


Figura 1: Área del embalse del embalse Paso Severino a la fecha 11/03/2023 sobre áreas de frecuencia (DINAGUA, 2024)



Figura 2: Información de embalse suministrada a los tomadores de decisión durante la sequía. (DINAGUA, 2024)

CONCLUSIONES

Se constató que la teledetección tiene un gran potencial para apoyar el monitoreo de los recursos hídricos, especialmente en sequía, donde la identificación y evaluación de los recursos es fundamental. No obstante, estas técnicas presentan limitaciones importantes, principalmente en lo referente a la estimación de volúmenes. Para suplir esta carencia, es vital contar con un inventario de obras que disponga de información batimétrica. De hecho, la combinación de ambos recursos permitió a DINAGUA proporcionar información para la toma de decisiones, contribuyendo a mitigar los efectos de la sequía.

La amplia disponibilidad de datos en la plataforma GEE, junto con la posibilidad de procesarlos de manera flexible mediante código ha potenciado el uso de información satelital. Además, la capacidad de desarrollar aplicaciones para procesos específicos como la identificación de espejos de agua extiende el acceso a este tipo de herramientas a un mayor número de usuarios, permitiendo que profesionales exploren su potencial sin necesidad de conocimientos en lenguajes de programación. Las aplicaciones desarrolladas por la SSP-CMH durante la sequía, disponibles de forma libre, siguen en desarrollo y continúan apoyando las actividades de la División de Administración de Recursos Hídricos de DINAGUA en el monitoreo de obras de almacenamiento de agua.

Las aplicaciones están disponibles en los siguientes enlaces:

<https://ee-t-pohren.projects.earthengine.app/view/espejosagua>

<https://ee-t-pohren.projects.earthengine.app/view/agua-superficial>

REFERENCIA

Achkar, M., Domínguez, A., Pesce, F., 2012: Cuenca del Río Santa Lucía – Uruguay. Aportes para la discusión ciudadana. Montevideo: Redes Amigos de la Tierra.

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Mvotma), 2017: Plan Nacional de Aguas.

Oficina de Programación y Política Agropecuaria, 2023: Impactos del déficit hídrico 2022-2023 en la producción agropecuaria, Anuario 2023, Estudios.

Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNDRR), 2021: Special Report on Drought 2021, 2021

World Meteorological Organization (WMO), 2008: Manual on flood forecasting and warning. Geneva: WMO-No. 1072.

LA CIENCIA, EL CLIMA Y LA VITIVINICULTURA

Palabras clave: viticultura, clima, desafíos.

Agustina Clara¹

aclarar@inavi.com.uy

¹Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI)

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid está intrínsecamente ligado al clima, cuyos factores determinan el éxito productivo y cualitativo de la viticultura. La temperatura, precipitación, humedad y radiación solar son elementos fundamentales que afectan los ciclos fenológicos de la vid, desde la brotación hasta la maduración de los frutos. Paralelamente, estas condiciones influyen en el desarrollo de patógenos como mildiu, oídio y botritis, que pueden comprometer severamente la producción si no se controlan adecuadamente.

En este contexto, el cambio climático ha generado desafíos sin precedentes al alterar las dinámicas climáticas tradicionales, lo que ha impulsado la búsqueda de estrategias sostenibles para adaptar el manejo del viñedo a estas nuevas realidades.

Influencia de las condiciones climáticas en el cultivo de la vid

El clima afecta el crecimiento vegetativo, la maduración de las uvas y la composición organoléptica del vino (Jones, 2015), los factores claves son:

- La temperatura óptima para la vid es un rango de 10-25 °C, superiores a 35 °C pueden generar estrés térmico, disminuyendo la fotosíntesis y afectando la calidad del fruto (Sadras & Moran, 2012). Las heladas primaverales dañan los brotes jóvenes y por lo tanto afectan la producción. (Jones & Davis, 2000).
- La precipitación y humedad relativa influyen en la disponibilidad hídrica, la acumulación de reservas en la vid y la presión de enfermedades fúngicas.
- Es necesario de radiación solar para una fotosíntesis suficiente que permita el desarrollo de la planta.
- El viento es un factor que puede reducir la humedad en la canopia, disminuyendo el riesgo de enfermedades, pero si el mismo es fuerte puede dañar la estructura de las plantas.

El clima determina la concentración de azúcares, ácidos y compuestos aromáticos. Por ejemplo, temperaturas elevadas aceleran la maduración, lo que puede resultar en un desequilibrio entre azúcares y acidez, comprometiendo la calidad del vino (Fraga et al., 2016).

Distribución de las zonas mundiales de plantación

Las regiones vitivinícolas se encuentran entre las isotermas anuales de 10-20°C, con temperaturas de crecimiento de 12-22°C durante la temporada activa (Jones, 2006). Los cambios climáticos están desplazando las áreas tradicionales de cultivo hacia latitudes más altas, generando nuevas oportunidades y retos para la industria.

Efecto del clima en la predicción de tareas vitícolas

La planificación en viticultura depende de predicciones meteorológicas precisas, que permiten anticipar riesgos y optimizar recursos.

1. Previo a la plantación:

Antes de establecer un viñedo, se debe considerar el riesgo de helada de esa zona. A su vez es importante tener en cuenta la probabilidad de granizo en la zona para evitar pérdidas significativas.

2. Manejo en viñedos establecidos:

Las decisiones sobre el momento de poda están influenciadas por el riesgo de heladas, retrasar la poda en regiones frías puede minimizar los daños en brotes sensibles. El manejo hídrico depende de las precipitaciones y la demanda evapotranspirativa. En períodos secos, el riego debe ajustarse para evitar estrés hídrico severo en la planta.

Las enfermedades de la vid dependen de las condiciones de humedad y temperatura. Los sistemas de monitoreo climático ayudan a prever los riesgos de infección, optimizando la aplicación de tratamientos. Por último, la vendimia debe planificarse para evitar lluvias que puedan diluir los azúcares de las uvas y favorecer infecciones como botritis.

Las enfermedades fúngicas son uno de los principales desafíos para los viñedos, su desarrollo depende en gran medida de la interacción entre las condiciones climáticas, los patógenos presentes y el estado fenológico de la vid.

El mildiu (*Plasmopara viticola*) es particularmente problemático en regiones con alta humedad relativa y temperaturas superiores a los 13 °C. Su ciclo de infección comienza en primavera, cuando las oosporas del hongo germinan tras lluvias. Las esporas invaden las hojas jóvenes de la vid, provocando manchas aceitosas que eventualmente se expanden hacia los racimos en formación, causando necrosis. Su control depende de la prevención, con aplicaciones de fungicidas preventivos.

Por otro lado, el **oídio** (*Uncinula necator*) se desarrolla bajo condiciones de temperaturas moderadas, entre 15 °C y 30 °C, y con baja humedad relativa. Durante la primavera, las estructuras de reposo del hongo liberan esporas que se diseminan por el aire, colonizando hojas, brotes y racimos. El oídio forma una capa polvorienta en las partes afectadas de la planta, reduciendo la fotosíntesis y afectando gravemente el desarrollo de las bayas. Es particularmente crítica durante la floración y el cuajado. El manejo del oídio incluye la eliminación de partes infectadas de la planta para reducir la carga del patógeno, a su vez las aplicaciones preventivas son otra forma de control del hongo.

Finalmente, **botritis** (*Botrytis cinerea*), afecta principalmente a los racimos bajo condiciones de alta humedad relativa (>90%) y temperaturas moderadas, entre 18 °C y 25 °C. La enfermedad comienza cuando el hongo sobrevive en restos vegetales como micelio y luego infecta las flores y los racimos jóvenes durante la primavera. Sin embargo, es en los períodos lluviosos cercanos a la vendimia cuando botritis se convierte en un problema serio, ya que la alta humedad favorece el crecimiento del hongo, que puede descomponer las bayas, afectando gravemente la calidad del vino. La prevención incluye el monitoreo constante de las condiciones climáticas y la aplicación de fungicidas específicos.

Cambio climático y sostenibilidad

El cambio climático está transformando las condiciones de cultivo, impactando tanto la calidad como la cantidad de la producción (IPCC, 2023). Existen varias estrategias de adaptación, como cambio en variedades de uva resistentes, ajustes en prácticas de manejo, como riego y poda, adopción de tecnologías para monitoreo climático, entre otras.

La sostenibilidad en la viticultura ha adquirido una relevancia creciente tanto a nivel global como local, impulsada por la necesidad de preservar los recursos naturales, mitigar los efectos del cambio climático y responder a las expectativas de los consumidores que buscan productos responsables y respetuosos con el medio ambiente. En Uruguay, la viticultura sostenible tiene un marco de acción claro a través del **Programa de Viticultura Sostenible, liderado por INAVI y certificado por LSQA**, en donde se certifican viñedos que adoptan prácticas de manejo responsable. Este programa, promueve la adopción de técnicas que favorecen el equilibrio entre la producción de uvas de calidad y la preservación del medio ambiente. Los productores certificados deben cumplir con requisitos estrictos que abarcan aspectos como el manejo del suelo, la gestión del agua, reducción de químicos y la mejora de las condiciones laborales.

Desde su implementación en 2019, el programa ha certificado 212 viñedos y más de 2.200 hectáreas. Este crecimiento refleja el compromiso del sector con la sostenibilidad y la mejora continua.

CONCLUSIÓN:

La interacción entre clima y viticultura presenta desafíos significativos, especialmente en el contexto del cambio climático. Las enfermedades fúngicas demandan estrategias de manejo basadas en datos climáticos y en la aplicación de prácticas sostenibles.

Uruguay ha avanzado en la implementación de un modelo de viticultura responsable que no solo responde a las demandas del mercado internacional, sino que también promueve la resiliencia frente a los cambios ambientales. El Programa de Viticultura Sostenible demuestran que es posible adoptar estrategias que promuevan la resiliencia y sostenibilidad del sector.

REFERENCIAS

Fraga, H., García de Cortázar-Atauri, I., Malheiro, A. C., & Santos, J. A. (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe.

Global Change Biology. IPCC. (2023). Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jones, G. V. (2015). Climate, grapes, and wine: Structure and suitability in a changing climate. Australian Journal of Grape and Wine Research.

Sadras, V. O., & Moran, M. A. (2012). Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. Australian Journal of Grape and Wine Research

08

B



METEOROLOGÍA Y TECNOLOGÍA

ANÁLISIS DE UN EVENTO DE PRECIPITACION EXTREMA EN EL SUR DE URUGUAY Y COMPORTAMIENTO DEL SA-MCS INDEX

Palabras clave: SCM, SA-MSC Index, SUMU, SALLJ

Natali Bentancor^{1,2}

Vagner Anabor²

n.bentancor@inumet.gub.uy

¹Instituto Uruguayo de Meteorología (Inumet)

²Universidad Federal de Santa Maria, Brasil (UFSM)

INTRODUCCIÓN

La región de la Cuenca del Plata en América del sur es bien conocida por la ocurrencia de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) los cuales contribuyen con más del 90% de la precipitación durante la estación cálida (Rasmussen et al., 2016). Análisis recientes han identificado SCM seriales con duración temporal superior a 18 horas en la primavera y verano del hemisferio sur; estos comienzan a formarse en la región de la Cuenca del Plata como convección individual y luego se desplazan hacia el este del flujo en niveles medios (Anabor et al., 2008). En cuanto a la identificación previa de los ambientes propicios para SCM, se desarrollaron índices que intentan identificar áreas potenciales de formación. Jirack y Cotton (2007) para Estados Unidos durante la estación cálida desarrollando el MSC Index. El análisis realizado por Rasera (2017) tomo 117 eventos de SCM en la región sur de Brasil; utilizando la metodología de Jirack y Cotton (2007), identifico las variables más significativas: cizalladura vertical del viento (0-6km), advección de temperatura en 775 hPa, índice de elevación Lifted más inestable (hasta 1600 m) y omegas en 800 hPa.; la fórmula se detalla en la ecuación (1).

$$SA - MCS Index = \frac{[V_{6km}] - 20,01}{7,87} + \frac{[-\vec{V} \cdot \nabla T_{775 hPa}] - 4,84 \times 10^{-5}}{5,65 \times 10^{-5}} + \frac{LI_{inst} + 2,17}{2,23} + \frac{-\omega_{800 hPa} + 0,27}{0,29} \quad (1)$$

De los resultados obtenidos en Rasera (2017) para la discriminación entre convección organizada y no organizada, se obtuvo que el límite inferior óptimo del SA-MSC index (identificado para la región sur de Brasil) es de -1.40, es decir, a partir de este valor se podría determinar si el ambiente atmosférico es favorable para que la convección se organice y forme un SCM.

El objetivo de este trabajo es investigar el SCM que afecto el Área Metropolitana de Montevideo, Uruguay, principalmente la zona del Aeropuerto Internacional Gral. Cesáreo L. Berisso, código ICAO: SUMU el 17 de enero del año 2022. El SCM provoco lluvias copiosas, con un acumulado de 92 en menos de 1 hora, de acuerdo a la información obtenida de la Estación Meteorológica de SUMU del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET). Como consecuencia, inundaciones repentinas afectaron la capital de Uruguay, Montevideo. Además, este estudio analiza los campos sinópticos del SCM y el comportamiento del SA-MSC Index (South America-MSC Index), desarrollado por Rasera (2017) como posible herramienta operacional para el pronóstico de estos sistemas

DATOS Y METODOLOGIA

El dominio de estudio se encuentra centrado en el SE de Sudamérica (SESA) con énfasis en la ciudad el Área Metropolitana de Montevideo, Uruguay. Se utilizaron datos de la Estación Meteorológica de SUMU, imágenes del satélite GOES – 16 del banco de archivos del Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos (CPTEC) y datos de reanálisis del National Center for Atmospheric Research (NCEP) Climate Forecast System CFSv2 (Saha, 2014).

DISCUSIÓN

En general, con énfasis en el sur de Uruguay, el SA-MCS Index indicó potencial desarrollo de SCM en la región (Fig.1) superando el límite identificado de -1.40 en los horarios reanalizados con los datos de modelado. Con el objetivo de evaluar el valor del SA-MCS Index en el punto más cercano de grilla al Aeropuerto SUMU utilizando el método de interpolación triangular, (Lobaina Beatón, Fuentes, 2014), se obtuvieron los valores del índice (Tabla 2).

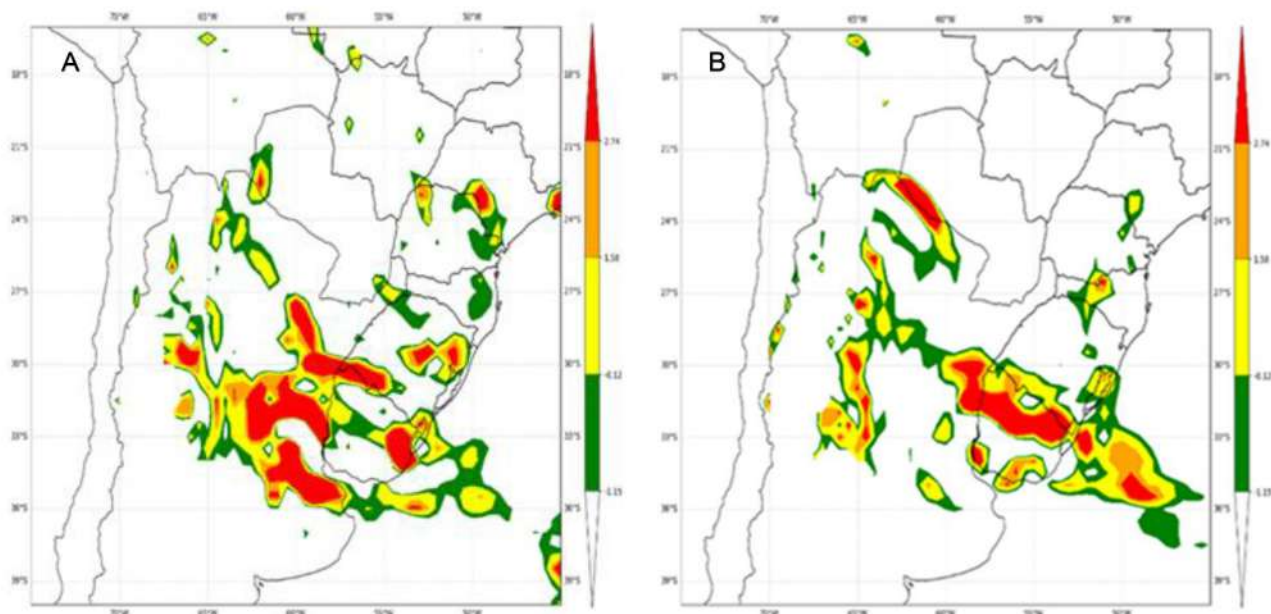


Figura 1. A) SA-MSC Index 00:00 UTC; B) 09:00 UTC.

Tabla 1. Umbrales del AS-MSC Index

< -1.15	-1.15 a -0.12	-0.12 a 1.58	1.58 a 2.74	> 2.74
-------------------	----------------------	---------------------	--------------------	------------------

Tabla 2. SA- MSC Index en el punto más próximo de grilla al Aeropuerto MVD.

Horario	00:00 UTC	09:00 UTC
SA-MSC Index	1.0	0.78

CONCLUSIONES

En este evento seleccionado, la performance del índice fue óptima en la zona de análisis con datos obtenidos de reanálisis de modelado numérico, valores superiores al umbral determinado para la identificación de convección organizada fueron encontrados en los horarios analizados (Fig.1 y Tabla 2). Sin embargo, es importante resaltar que también se detectaron valores del índice elevados en zonas donde no se visualizaron SCM en las horas seleccionadas. Otro detalle a considerar es que los valores del índice más propicios para la formación de SCM fueron encontrados del SALLJ (South American Low Level Jet), así como también en las áreas donde A B había mayor convergencia de Q (Flujo vertical integrado) calculado con la metodología de Salio, Saulo y Nicolini (2002) y valores de IVT (Transporte Vertical Integrado), asociado a la identificación de Ríos Atmosféricos (AR), calculado con la metodología de Reid y otros (2020). Por lo tanto, teniendo en cuenta que además de las condiciones sinópticas si existe un valor de SA-MCS Index que alcanza un umbral límite inferior de -1.40, o lo supera, puede ser un indicador de tiempo severo y alertar a los pronosticadores a preparar pronósticos, avisos, y alertas tempranas con mayor eficiencia.

Un análisis más profundo sobre el comportamiento de este índice considerando otros eventos que afectaron el sur de Uruguay se encuentran en Silva (2023).

REFERENCIAS

- Anabor, V., Stensrud, D. J., & De Moraes, O. L., 2008.** Serial upstream-propagating mesoscale convective system events over southeastern South America. *Monthly weather review*, 136(8), 3087-3105.
- Jirak, I.L.; Cotton, W. R., 2007:** Observational analysis of the predictability of mesoscale convective systems. *Weather Forecasting*, v.2, 813-838.
- Lobaina, A. A. L., Beatón, D. M. A., & Fuentes, C. G., 2014:** Contribución al método de interpolación lineal con triangulación de Delaunay. *Minería y Geología*, 30(2), 58-72.
- Saha, S., et al., 2014:** The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, 27, 2185-2208. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00823.1>
- Salio, P., Nicoloni, M., & Saulo, A. C., 2002:** Chaco low-level jet events characterization during the austral summer season. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 107(D24), ACL-32.
- Silva, N. S. B. (2025).** Aplicaciones para la prevision de tiempo severo en el área metropolitana de Montevideo-Uruguay.
- Rasera, G., 2017:** Determinação do potencial de ocorrência de Sistemas Convectivos de Mesoescala para América do Sul. 2017 Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Rasmussen, K. L., Chaplin, M. M., uluaga D., & Houze, R. A., 2016:** Contribution of extreme convective storms to rainfall in South America. *Journal of Hydrometeorology*, 17(1), 353-367.
- Reid, K. J., King, A. D., Lane, T. P., & Short, E., 2020:** The sensitivity of atmospheric river identification to integrated water vapor transport threshold, resolution, and regriding method. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(20), e2020JD032897.

VERIFICACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE TEMPERATURAS MÍNIMAS CON MODELOS ECMWF, GFS Y WRF7 SOBRE URUGUAY PARA JULIO 2024

Palabras clave: modelos, temperaturas mínimas, verificación

Mario Bidegain¹
Bernardo de los Santos²
bidegain.mario@gmail.com

¹ Asesor INUMET

² Asesor en Meteorología

INTRODUCCIÓN

Los modelos numéricos de predicción meteorológica, son valiosas herramientas que proporcionan estimaciones a futuro de numerosas variables, tanto en superficie como en los diferentes niveles de la atmósfera. Los modelos globales, como el del Centro Europeo de Predicción a Mediano Plazo (ECMWF) y el disponible por la Administración de los Océanos y Atmósfera de EE. UU, el Global Forecast System (GFS), son actualizados cada 6 horas (00, 06, 12 y 18Z), con resoluciones espaciales de 9 x 9 km para el ECMWF y 25 x 25 km para el GFS. Por otra parte, los modelos regionales, también suministran pronósticos numéricos horarios, a plazos más cortos y con mejor resolución espacial, en el caso del WRF7ens de 7 x 7 km.

Las estimaciones de las temperaturas del aire mínimas absolutas al abrigo (a 2 metros) y del aire sobre el suelo son productos disponibles para ambos tipos de modelos. En este estudio de caso hemos tomado el mes de julio 2024 para realizar una verificación de los pronósticos numéricos de temperaturas mínimas absolutas diarias sobre 8 estaciones meteorológicas en Uruguay.

METEOROLOGÍA

Se ha seleccionado para la verificación de las estimaciones de temperaturas mínimas absolutas diarias, los valores registrados en 8 estaciones meteorológicas sobre Uruguay pertenecientes al INUMET: Artigas, Carrasco, Colonia, Durazno, Florida, Melo, Mercedes y Rocha. Se ha seleccionado como periodo de estudio el mes de julio 2024 y se han comparado los valores observados con los valores de temperaturas estimadas por los modelos ECMWF, GFS y WRF7ens. Se han calculado dos medidas objetivas de ajuste el Error absoluto medio mensual y el RMSE (Root Mean Square Error), entre las temperaturas observadas y las pronosticadas por los tres modelos.

RESULTADOS

La figura 1 describe la evolución temporal de los valores observados de temperaturas mínimas diarias en 2 estaciones (Carrasco y Artigas) y los valores estimados por cada uno de los modelos de pronóstico.

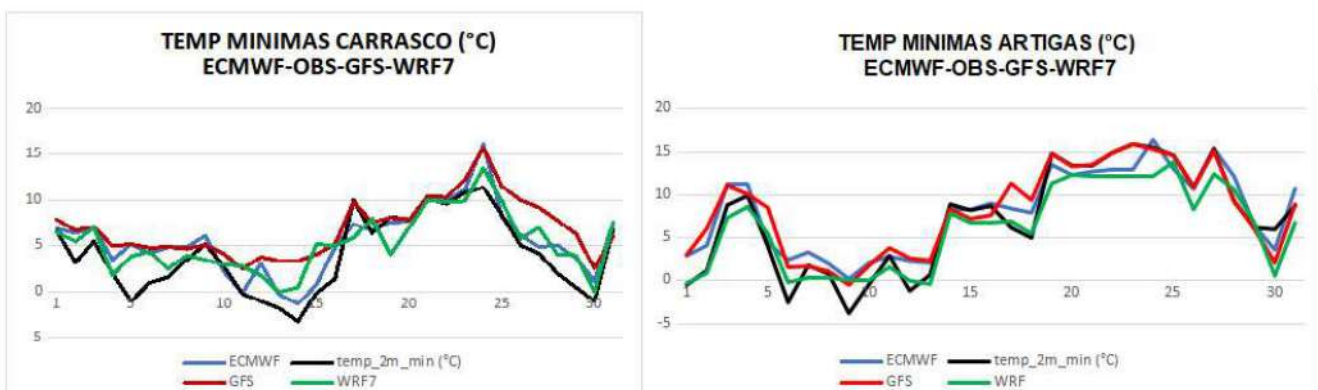


Figura 1. Evolución diaria de temperaturas mínimas observadas (negro) y estimadas por ECMWF (azul), GFS (rojo) y por WRF7 (verde)

Analizando el promedio mensual de los desvíos absolutos diarios, para julio de 2024, se ha observado que las diferencias siempre fueron positivas para el modelo global GFS con +2.1°C en Rocha, +2.8 en Carrasco, +2.0°C en Durazno, +3.0°C en Florida, +0.5°C en Colonia, +2.8°C en Mercedes, +1.1°C en Artigas y +1.9°C en Melo. Esto significa que el modelo GFS tiene un sesgo positivo en los valores diarios de temperaturas mínimas en hasta 3°C en el caso de Florida. En el caso del modelo europeo ECMWF, también se ha observado que las diferencias siempre son positivas con +1.7°C en Rocha, +1.5 en Carrasco, +1.4°C en Durazno, +2.4°C en Florida, +0.4°C en Colonia, +2.6°C en Mercedes, +0.9°C en Artigas y +1.4°C en Melo. Esto significa que el modelo ECMWF también tuvo un sesgo positivo en los valores diarios de temperaturas mínimas en hasta 2.6°C para Mercedes. Finalmente, para el modelo regional WRF7 se han verificado diferencias muy escasas y no siempre positivas de -0.1°C para Rocha, 0.0°C en Carrasco, -0.4°C en Durazno, +0.9°C en Florida, +0.0°C en Colonia, +0.0°C en Mercedes, -0.9°C en Artigas y 0.0°C en Melo. Esto significa que el modelo WRF7 simula más adecuadamente los valores absolutos diarios de temperaturas mínimas.

En el análisis del RMSE para cada una de las estaciones meteorológicas analizadas (ver figura 2), se advierte que en Carrasco, Florida y Mercedes se alcanzan los máximos valores (mayores errores) en las estimaciones del GFS. Para el ECMWF también las estaciones de Florida y Mercedes aparecen como las que registran mayores diferencias entre observaciones y estimaciones de las 8 estaciones analizadas. Para la mayoría de estaciones se verifica que el modelo regional WRF7 presenta los menores errores de estimación (excepto Colonia), frente a los dos modelos globales, y es llamativo el buen desempeño (comparado con los 2 modelos globales GFS y ECMWF), en la región centro-sur del País (Florida y Durazno), donde se registran los valores absolutos más bajos de temperaturas.

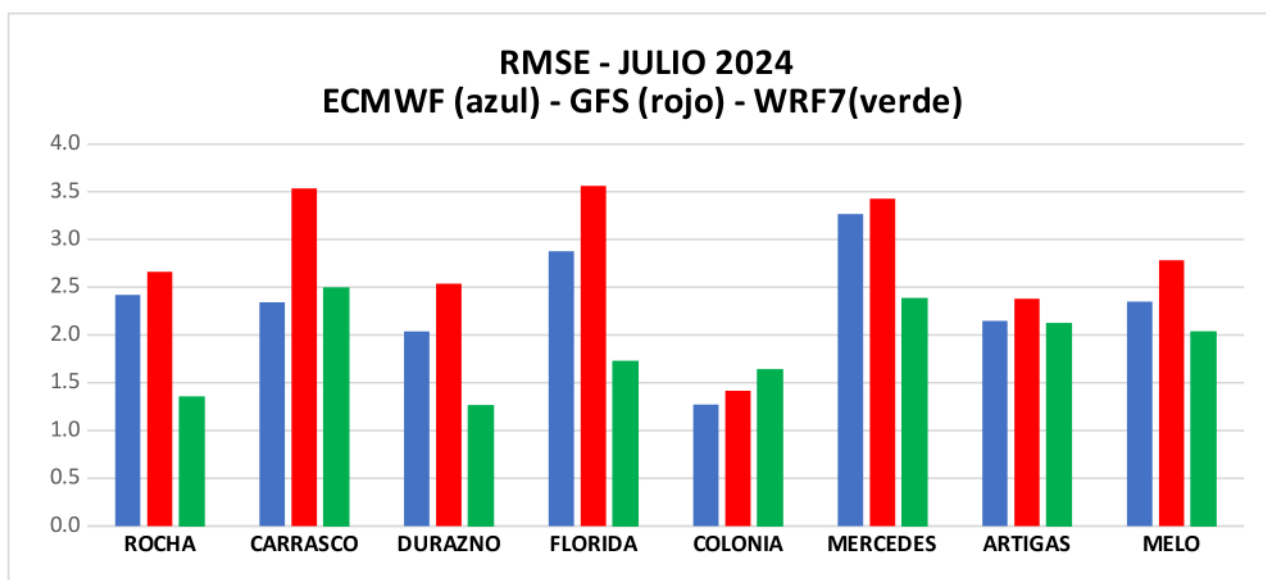


Figura 2. Error cuadrático medio entre Observaciones vs Modelos para Julio 2024

CONCLUSIONES

Más allá de que este trabajo no pretende ser un estudio exhaustivo de verificación de las estimaciones de temperaturas mínimas diarias, se observan hechos destacados:

a) Los modelos globales GFS y ECMWF no estiman adecuadamente los valores de temperaturas mínimas absolutas al abrigo, presentando desvíos medios diarios importantes, para el mes de julio de 2024, de hasta +3°C para Florida en el GFS y +2.6°C en Mercedes para el ECMWF.

b) Los sesgos en los modelos globales son siempre positivos indicando un error sistemático de superestimación de los valores de temperaturas mínimas diarias.

c) El modelo regional WRF7 con resolución espacial de 7 km, logra resolver de mejor manera las estimaciones de valores de temperaturas mínimas absolutas diarias, con sesgos no siempre positivos y con un RMSE, que en promedio para las 8 estaciones analizadas fue de 1.9, mientras que el GFS presenta un valor promedio de 2.8 y el ECMWF de 2.3

d) Se recomienda por lo tanto para el pronóstico local de temperaturas mínimas diarias, sobre Uruguay, el uso de modelos regionales (WRF7, COSMO2.8, WRF_SMN, etc), aunque es necesaria aclarar que los modelos globales tienen menor RMSE tomando todo el País (no mostrado en este estudio), y por lo tanto es necesaria mayor investigación en especial sobre periodos mas extensos.

REFERENCIAS

ECMWF model Home Page. <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/set-i#I-i-a>

GFS NOAA Model Home Page. https://www.emc.ncep.noaa.gov/emc/pages/numerical_forecast_systems/gfs.php

WRF7 CPTEC Home Page. <https://previsaonumerica.cptec.inpe.br/wrf>

RECEPCIÓN DE LOS SERVICIOS SATELITALES DE GOES-EAST: HRIT Y GRB

Palabras clave: Imágenes satelitales, SatDump, SDR.

Martín Cabrera^{1*},
Pedro Pertusso¹,
Gonzalo Belcredí¹,
Gonzalo Gutiérrez¹,
Federico Larroca¹
***martin.cabrera.sosa@fing.edu.uy**

¹Facultad de Ingeniería - UdelaR

INTRODUCCIÓN

La Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) de Estados Unidos cuenta con dos satélites geoestacionarios en América, denominados GOES-West y GOES-East (NOAA n.d.). Los mismos poseen instrumentos capaces de registrar información y transmitirla de manera abierta. Esto representa un insumo importante para las agencias meteorológicas de la región, ya que no solo democratiza la información, sino que permite el estudio preciso de las condiciones meteorológicas en el continente. En particular, Uruguay se encuentra dentro de la huella del satélite GOES-East, por lo tanto, resulta de interés recibir los servicios ofrecidos por el mismo.

Los satélites GOES proveen, en particular, dos servicios: High Rate Information Transmission (HRIT) y GOES Rebroadcast (GRB). HRIT provee imágenes de baja resolución espacial, retransmisión de pronósticos y emergencias del Servicio Nacional del Clima (NWS) de EE.UU. (EMWIN) y retransmisión de información meteorológica de otras agencias junto a datos de medidas recogidas por el propio satélite (GOES DCS). Por otro lado, GRB corresponde a la retransmisión de imágenes capturadas por el satélite con mayor resolución espacial, así como mediciones calibradas y ajustadas por parte de la NOAA.

En este trabajo se presenta una implementación sencilla y de bajo costo para la recepción del servicio HRIT provisto por GOES-East. El objetivo a largo plazo es recibir el servicio GRB siguiendo el mismo enfoque utilizado para HRIT, priorizando la sencillez en su implementación. La recepción de ambos servicios se hará utilizando la tecnología Software-Defined Radio (SDR). Los SDR permiten simplificar el sistema de recepción, implementando en software funciones que tradicionalmente son llevadas a cabo por elementos de hardware. La generación de las imágenes se realizará utilizando el programa de código abierto SatDump (SatDump, 2022).

METEOROLOGÍA

El sistema de recepción de HRIT se presenta en la figura 1. La señal recibida es filtrada por un Low Noise Amplifier (LNA), el cual funciona como un pasabanda y amplificador de la señal. Posteriormente es digitalizada por un SDR, para finalmente ser enviada a una PC para su procesamiento.

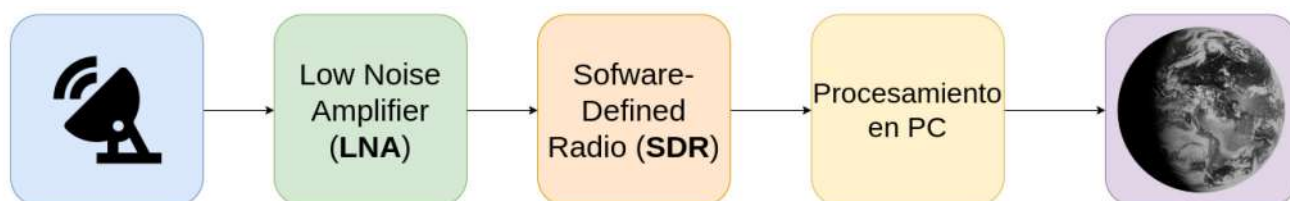


Fig. 1. Diagrama de bloques del sistema de recepción de HRIT.

Para la recepción de HRIT se utilizó una antena parabólica Wi-Fi (que opera en 2.4 GHz), la cual debió ser modificada para operar en la frecuencia de HRIT (1.6941 GHz). Para esto, se soldaron alambres de cobre al dipolo de la antena, cuyo tamaño fue ajustado de forma proporcional a la frecuencia de HRIT. Para medir los cambios en el desempeño de la antena se utilizó un Vector Network Analyzer (VNA) el cual permite medir el coeficiente de reflexión del sistema (S11). El coeficiente de reflexión indica cuánta potencia es reflejada por el sistema en relación con la potencia incidente, por lo que valores pequeños para la frecuencia de trabajo son deseables (Bevelacqua, n.d.).

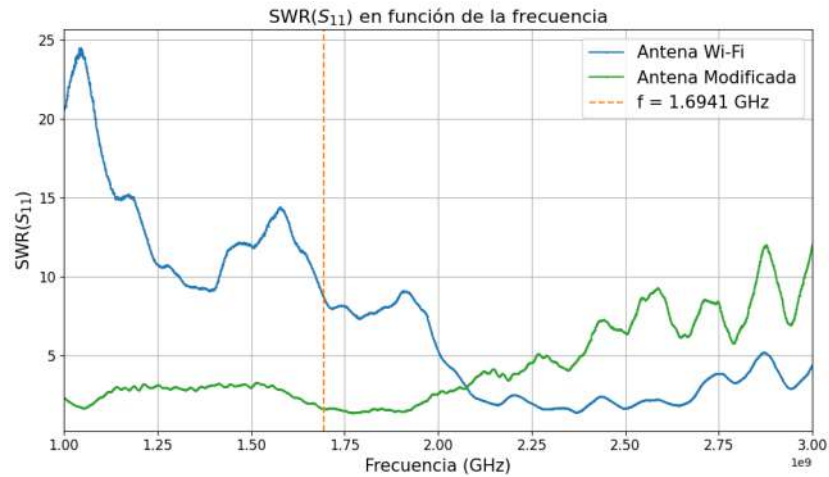


Fig. 2. Gráficos de las medidas de SWR(S11) tomadas con el VNA.

Los resultados obtenidos antes y después de modificar la antena se pueden apreciar en la figura 2. Inicialmente, la antena de Wi-Fi tenía un valor de SWR(S11) de 8.7. Luego de ser modificada logramos obtener un valor de 1.6.

Al intentar recibir la señal de HRIT tras modificar el dipolo, se detectó un problema en el sistema causado por la corriente de modo común (DX Engineering, n.d.). Este fenómeno ocurre cuando la señal balanceada del dipolo, que se transmite a través del cable coaxial, no es correctamente adaptada para el SDR, el cual trabaja con señales desbalanceadas. Como resultado, se generan interferencias y pérdida de rendimiento. Este problema puede ser solucionado utilizando un Pawsey Stub (Huggins, 2010), que adapta la señal del dipolo al formato desbalanceado esperado por el SDR, mejorando así la robustez y el desempeño del sistema.

En la figura 3 se presentan las modificaciones realizadas. En la imagen de la izquierda se presenta el dipolo modificado, mientras que en la imagen de la derecha se muestra el sistema con el balun.



Fig. 3. Modificaciones realizadas a la antena. Dipolo (izq.) y Balun (der.).

A la antena se conectó un LNA SAWbird + GOES, al cual se le conecta el SDR Adalm-Pluto, que permite procesar la señal recibida en una PC utilizando un puerto USB. La figura 4 muestra el sistema de recepción implementado.

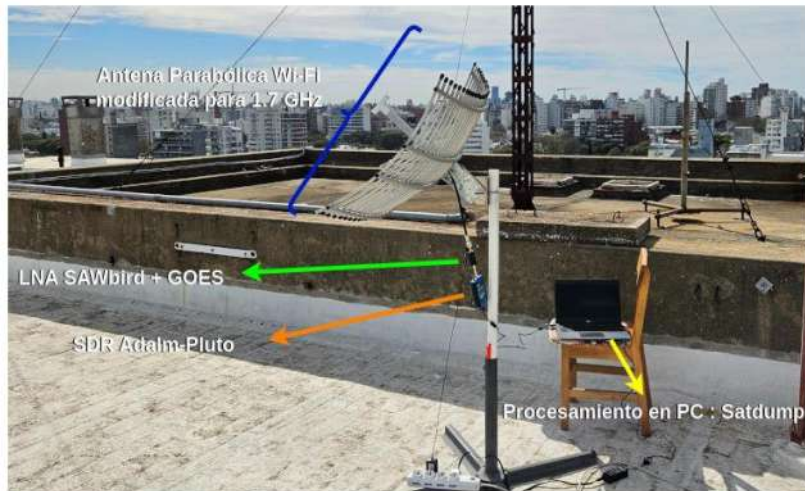


Fig. 4. Sistema de recepción de HRIT implementado.

3- RESULTADOS

Se logró recibir de manera satisfactoria las imágenes del servicio HRIT.

En la tabla 1 se muestran ejemplos de las imágenes que transmite el satélite GOES-East a través del servicio HRIT, todas recibidas con el sistema implementado.

Banda	2 (0.64 μm)	7 (3.9 μm)	8 (6.2 μm)	9 (6.9 μm)
Imagen				
Banda	13 (10.3 μm)	14 (11.2 μm)	15 (12.3 μm)	Falso color
Imagen				

Tab. 1. Imágenes recibidas de las siete bandas presentes en HRIT y una composición de falso color.

En el futuro, se espera implementar el sistema de recepción de GRB, que presenta requerimientos más restrictivos, especialmente la necesidad de utilizar una antena parabólica de cuatro metros de diámetro.

REFERENCIA

Bevelacqua, P. J. (n.d). S-parameters. <https://www.antenna-theory.com/sparameters.php>

DX Engineering (n.d.) Balun Basics: Common Mode vs. Differential Mode. <https://www.dxengineering.com/techarticles/balunsandfeedlinechokes/balun-basics-common-modevs-differential-mode>

Huggins, J. S. (2010). Coax velocity factor in baluns: Does it matter? <https://www.hamradio.me/antennas/coax-velocity-factor.html>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (n.d.). NOAA Satellite Information System (NOAASIS). NOAA. <https://www.noaasis.noaa.gov/>

Satdump. (2022). Satdump: A generic satellite data processing software. <https://www.satdump.org/>

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS REGISTRADOS POR ESTACIONES CONVENCIONALES Y TELEPLUVIÓMETROS

Palabras clave: Pluviómetros, estaciones convencionales, estaciones automáticas

Luana Frias-Telesca^{1,2}

Nelcy N. Atehortua-Sanchez ^{1,2}

Gabriel Guigou³

luana.frias@estudiantes.utec.edu.uy.

¹Universidad Tecnológica de Uruguay (UTEC-ITRCS)

²Grupo de Investigación en Aplicaciones de Inteligencia Artificial (ARIA)

³Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET)

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el uso de Estaciones Meteorológicas Automáticas ha experimentado un incremento significativo. El Instituto Uruguayo de Meteorología - INUMET, se encuentra actualmente en proceso de fortalecimiento de la red pluviométrica del país utilizando estaciones automáticas. La observación de variables como la precipitación ha sido realizada principalmente en estaciones convencionales asistidas por observadores (Gattinoni et al., 2011). La integración de pluviómetros automáticos (TP's) permitirá una mayor cobertura territorial y la generación de productos como alertas tempranas y estimaciones de generación de energía mediante embalses de agua. Para obtener este tipo de productos es importante que las observaciones sean continuas en el mayor tiempo posible, de manera que puedan utilizarse en cualquier estudio o investigación (Gattinoni et al., 2011). Según (OMM, 2017), se explica cómo medir la intensidad de la precipitación, especialmente la lluvia, debido al creciente interés en estas mediciones para interpretar la distribución de la precipitación, modelar el fenómeno pluvial y mejorar las previsiones. Es importante tener en cuenta que la medición de la precipitación es muy sensible a la exposición, y en particular al viento. La cantidad de precipitación medida por los medidores convencionales puede ser inferior a la precipitación real que llega al suelo en hasta un 30% o más. Las pérdidas sistemáticas varían según el tipo de precipitación (nieve, precipitaciones mixtas y lluvia) (OMM, 2017). No obstante, los TP's presentan otros errores de medición asociados a su tecnología o factores externos. El objetivo de este trabajo fue comparar la calidad de los datos provenientes de las estaciones automáticas de Prado, Florida y Colonia de la red pluviométrica de INUMET para el periodo 2021-2023, a partir de la estimación de distintos parámetros estadísticos a diferentes escalas temporales. Además, se evaluaron indicadores de rendimiento mediante comparaciones de medidas de error, con el fin de deducir si la medida del TP tiene tendencia a registrar de más o menos de acuerdo a la intensidad de la precipitación.

METEOROLOGÍA

Los datos para este estudio fueron suministrados por la Red Meteorológica y la Red Pluviométrica de INUMET, de las estaciones ubicadas en Colonia, Prado y Florida, para el periodo 2021-2023. Los datos provenientes de las estaciones convencionales (PC's) tienen una resolución diaria con toma de registros a las 7:00 am, en formato .csv. Se consideraron los registros etiquetados como TRAZA = 0.1mm de acuerdo a la información disponibilizada. Algunos datos no tienen un registro diario específico, sino registros acumulados de días posteriores, en este caso se realizó una relación porcentual considerando los datos de los TP's para el ajuste de las medidas. Los datos registrados por TP's tienen una resolución de 5 min, en formato .JSON. El lenguaje de programación Python fue utilizado mediante la herramienta web Google Colab. La verificación de datos faltantes fue realizada para ambos conjuntos de datos, y los datos de los TP's fueron llevados a una resolución diaria teniendo en cuenta la hora de registro de los PC's.

Para este estudio se realiza un análisis descriptivo para cada conjunto de datos a diferentes escalas temporales: diaria, mensual, trimestral, semestral y anual, de cada una de las estaciones a través de gráficos y de la estimación de distintos parámetros de posición, dispersión y asociación. El análisis de la correlación lineal entre las mediciones a diferentes escalas temporales de cada instrumento, fue calculado mediante el coeficiente de Pearson con un intervalo de confianza de dicho coeficiente del 95% de significancia (Flores et al., 2024; Cueva et al., 2022). Finalmente, se calcularon medidas de error, entre ellas el error absoluto como la diferencia entre ambas mediciones en las diferentes escalas temporales y para el acumulado de todo el periodo de estudio. En este paso se busca encontrar la existencia de algún sesgo sistemático entre las mediciones.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una vez preprocesados los datos registrados por las estaciones tanto PC's como TP's para Colonia, Prado y Florida, se realizó la verificación de fechas para garantizar que ambos conjuntos de datos tengan las mismas fechas para el análisis comparativo. Mediante el análisis exploratorio se calcularon los principales estadísticos para diferentes resoluciones temporales (diaria, mensual, trimestral, semestral y anual). En los estadísticos diarios para las estaciones de Florida y Colonia hay una diferencia entre la media de las PC's y las TP's de 0.3mm y en la desviación estándar 0.9mm, aproximadamente. Para Prado se tienen las mayores diferencias con 0.47mm para la media y 1.69mm para la desviación. Para los diferentes escalamientos temporales se obtuvieron mayores diferencias en los estadísticos de Prado, teniendo mayores registros medidos por las PC's (Figura 1).

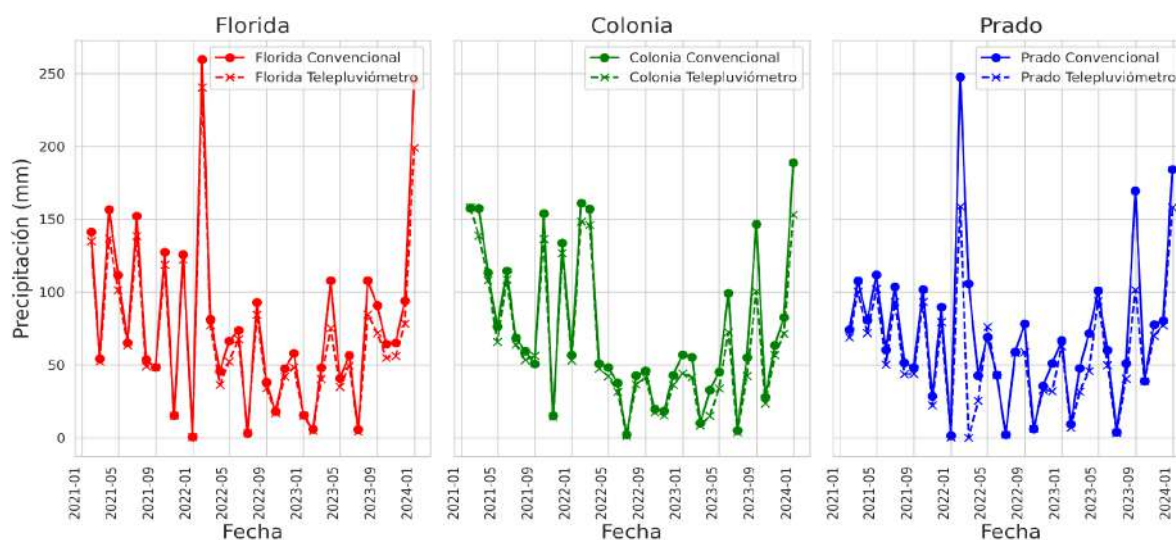


Figura 1. Precipitación mensual para las tres estaciones registradas por TP's y CP's.

El cálculo de diferentes errores (Tabla 1) refleja errores bajos para Colonia y Florida, pero un error significativo para Prado. En la figura 2 se muestra el acumulado para todo el periodo de estudio evidenciando un aumento en el error a mayor tiempo de operación de los TP's. El coeficiente de Correlación de Pearson para los registros diarios reflejan una correlación alta, siendo la mayor para Colonia y Florida de 0.99 y el de menor correlación para Prado de 0.95.

Estación	Registros diarios			Registros mensuales		
	EAM	MSE	RMSE	EAM	MSE	RMSE
Colonia	0.38	2.66	1.63	9.75	186.87	13.67
Florida	0.33	1.81	1.34	9.19	177.46	13.32
Prado	0.62	8.76	2.96	14.77	765.11	27.66

Tabla 1. Cálculo de errores diarios y mensuales (Error Absoluto medio - EAM, Error cuadrático medio - MSE y Raíz del Error Cuadrático Medio - RMSE).

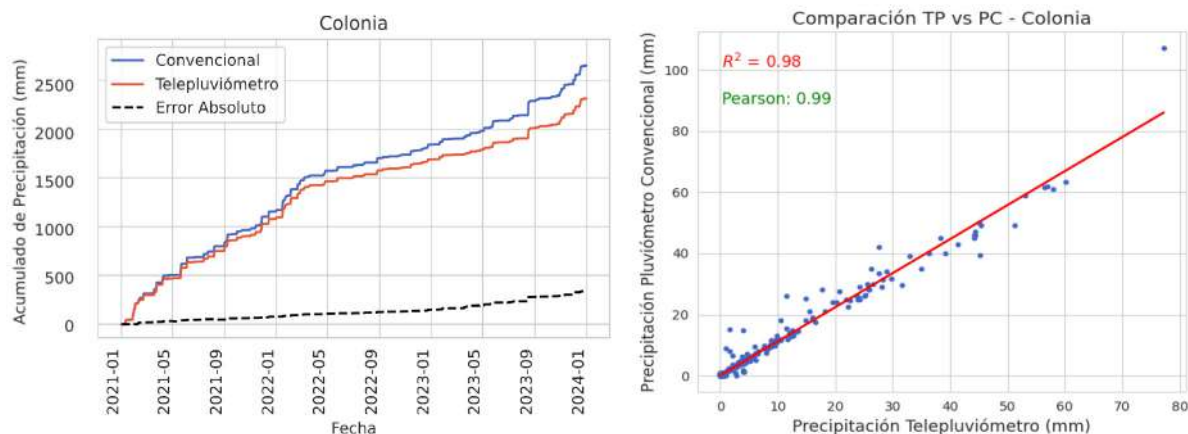


Figura 2. Acumulado de los registros para todo el periodo de estudio, con el respectivo error absoluto para la estación de Colonia (derecha). Comparación lineal entre los registros del pluviómetro convencional y el TP de Colonia (izquierda).

A partir de los diferentes análisis estadísticos descriptivos se observaron algunas similitudes entre las series de precipitación de los PC's y los TP's, para Colonia y Florida, pero diferencias notables en las mediciones en Prado. El análisis de correlación y la estimación de errores permitieron identificar posibles sesgos sistemáticos entre los instrumentos. Este análisis es clave para ajustar y mejorar la precisión de los datos meteorológicos, fundamentales para el monitoreo y la toma de decisiones climáticas, revelando que las mediciones de ambas tecnologías se complementan.

REFERENCIAS

Gattinoni, N.; Boca, T.; Rebella, C. y Di Bella, C., 2011: Comparación entre observaciones meteorológicas obtenidas de estaciones convencionales y automáticas a partir de la estimación de parámetros estadísticos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37, 1, 75-85.

Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2017: Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos. Guía 8 OMM. Edición 2014

Flores, K. , Skansi, M., Poggi, M., Garay, N. y Veiga, H., 2024: Métodos propuestos para la evaluación de datos de precipitación medidos en estaciones automáticas. Servicio Meteorológico Nacional, Argentina.

Cueva, L., Evelyn Katherine, E., Hinojosa, S. y Hugo, V., 2022: Correlación estadística de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas durante el periodo 2014-2021. UTC. Latacunga.114 p.

VALIDACIÓN DEL PRONÓSTICO DE OZONO ESTRATOSFÉRICO DEL ECMWF PARA LA ESTIMACIÓN DEL IUV SOBRE URUGUAY

Palabras clave: Ozono Estratosférico, Espectrofotómetro Dobson, Pronóstico ECMWF.

Ernesto Marchesoni ^{1,2}

Líber Dovat ²

Agustín Laguarda ²

e.marchesoni@inumet.gub.uy

¹Instituto Uruguayo de Meteorología (Inumet) ²Laboratorio de Energía Solar, Facultad de Ingeniería, Udelar (LES)

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se realiza una validación sobre Uruguay del pronóstico de la columna total de ozono (en Unidades Dobson, DU), generado rutinariamente por el European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) para un horizonte temporal de 24 horas (Owens and Hewson, 2018). Contar con datos operativos de buena calidad sobre la columna total de ozono (TOC por su sigla en inglés) permite la estimación satelital de la radiación solar ultravioleta (UV) y el índice UV (UV) sobre el territorio uruguayo, utilizando modelos específicamente adaptados para la región.

Actualmente, el Laboratorio de Energía Solar de la Universidad de la República (LES, Udelar), en conjunto con el Inumet, provee información en tiempo real sobre el IUV en todo el territorio uruguayo, con el fin de informar a la población sobre los riesgos de la exposición a la radiación solar (LES, 2024; INUMET, 2024). Para ello, se emplean modelos desarrollados localmente (Laguarda et al. 2020, 2024). La generación de este producto depende principalmente de datos satelitales de nubosidad proporcionados por el satélite GOES-16, con una frecuencia de 10 minutos, y de información sobre el contenido total de ozono (TOC). Dado que esta información debe generarse de forma operativa (en tiempo casi real) y con cobertura nacional total, se utiliza el pronóstico de ozono del ECMWF. Este pronóstico, con una resolución espacial de 1.25°x1.25°, se genera cada cinco minutos durante todo el día, lo que permite contar con estimaciones actualizadas en el transcurso de cada jornada.

En este reporte, los estimativos de TOC del ECMWF son validados utilizando como referencia las observaciones de la estación meteorológica de Salto, Uruguay (latitud: -31.438°, longitud: -57.983°). Estas observaciones se obtienen mediante el Espectrofotómetro Dobson N°134, instrumento que forma parte de la red de Vigilancia Atmosférica Global de la Organización Meteorológica Mundial (VAG-OMM) (Proffitt, 2002).

DATOS Y METEOROLOGÍA

La serie de datos de referencia consiste en los promedios diarios de ozono estratosférico, obtenidos a partir de las mediciones realizadas en la estación meteorológica de Salto por el Espectrofotómetro Dobson (N134). Este instrumento utiliza el método recomendado por la OMM para determinar el TOC. El método se basa en la medición de la radiación solar directa en diferentes longitudes de onda UV, para luego comparar aquellas longitudes que son altamente absorbidas por el ozono con las otras. Esta comparación permite calcular la cantidad de ozono en la columna atmosférica (WMO, 2018). El instrumento N134 está operativo desde abril de 1996 y ha sido recalibrado con respecto a patrones internacionales en intercomparaciones realizadas durante los años 1999, 2003, 2006, 2010 y 2019 (WMO/GAW, 2021). Los valores diarios reportados por esta estación se obtienen promediando las medidas realizadas en cada día en horarios cercanos al mediodía solar. De los 1012 días del período considerado, se tienen 415 días sin reportes de TOC por ser días nublados o en los que se tuvo problemas de operación y mantenimiento del equipo. A esta serie la denominamos D134.

La serie a evaluar consiste en el pronóstico horario de TOC para las 12:00 horas UTC del ECMWF (producto GEMS Total column ozone), tomada del punto de grilla más cercano a la ubicación de la estación meteorológica de Salto (latitud: -31.600°, longitud: -58.000°). Este pronóstico es inicializado a las 00:00 horas UTC de cada día. A esta serie la denominamos ECMWF. Se consideran datos simultáneos de D134 y ECMWF en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2020 y el 8 de octubre de 2022.

Como es usual se realizó la exploración gráfica de las series. Se graficaron ambas series de datos para visualizar su comportamiento a lo largo del periodo de estudio. A su vez, se graficó la serie de diferencias (DIF), obtenida de calcular la resta entre la serie a evaluar y la de referencia, es decir $DIF = ECMWF - D134$. Luego se analizan el histograma de DIF y el diagrama de dispersión entre las series.

Para cuantificar la relación entre las dos series se calcularon métricas de desempeño usuales, tales como Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE) y Mean Bias Difference (MBD). Dichas métricas se muestran tanto en su forma absoluta como en sus formas relativas al promedio de la serie D134 y una definición detallada de estas se puede encontrar en las notas de Abal et al (2020). También se calculó la correlación de Pearson como indicador de similitud entre las series.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

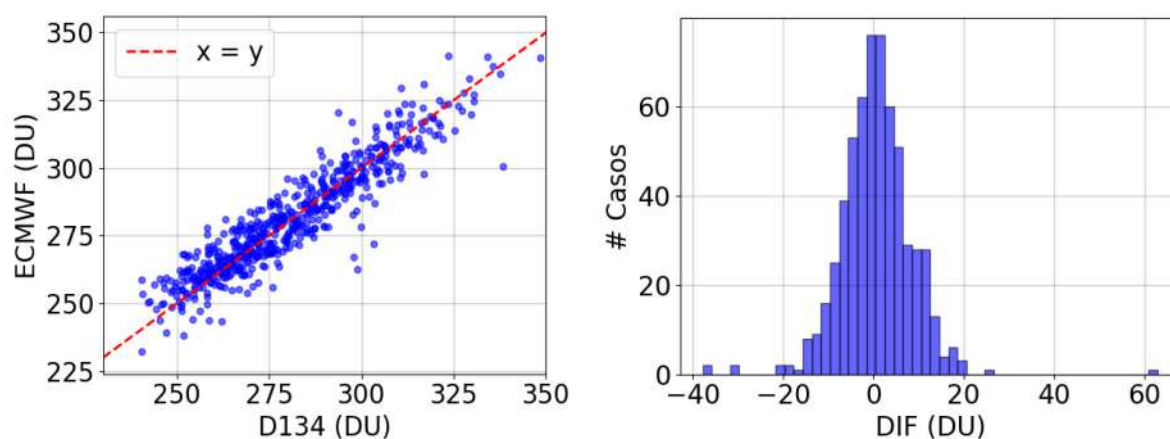


Figura 1. (izq.) Diagrama de dispersión ECMWF vs D134 (der.) Histograma de DIF (ECMWF - D134).

Los resultados se muestran en la Figura 1 y en la Tabla 2. De la Figura 1 (izq) se observa que D134 y ECMWF tienen una buena correlación durante el periodo de estudio. Esto es concordante con el coeficiente de correlación de Pearson calculado de 0.95. La Figura 1(der.) muestra el histograma de DIF. Se aprecia que las muestras están centradas en cero de forma aproximadamente simétrica, lo que se condice con el rMBD de 0.2%. Las métricas que cuantifican la dispersión de las diferencias, rMAD 2.1% y rRMSE, muestran valores bajos de 2.1% y 2.8%, respectivamente.

Tabla 2. Métricas de desempeño. Los valores relativos se refieren a la media de las medidas (280 DU). La correlación de Pearson es de 0.95. Se utilizaron 1012 pares de datos diarios para la comparación.

	MBD	MAE	RMSD
Valor absoluto (DU)	+0.63	5.73	7.94
Valor relativo (%)	+0.2	2.1	2.8

De esta forma, este estudio confirma la precisión del pronóstico de la columna total de ozono del ECMWF, con un horizonte temporal dentro de un día, en comparación con las mediciones realizadas por el espectrofotómetro Dobson instalado en la estación meteorológica de Salto, Uruguay. La serie pronosticada presenta un sesgo despreciable y una dispersión menor al 3%. Por lo tanto, dicho pronóstico se considera una fuente confiable de información para ser utilizada como insumo en la estimación operativa del Índice Ultravioleta en Uruguay.

REFERENCIAS

Abal, G., Alonso-Suárez, R., Laguarda, A., 2020: Radiación Solar. Notas del curso Fundamentos del Recurso Solar. Versión 4.0. Facultad de Ingeniería, Udelar, Uruguay.

INUMET , 2024: Visualizador del índice UV en el sitio WEB del Instituto Uruguayo de Meteorología, URL: https://www.inumet.gub.uy/reportes/pages/visualizador_indice_uv .

Laguarda, A., Giacosa, G., Alonso-Suárez, R., Abal, G., 2020: Performance of the site-adapted CAMS database and locally adjusted cloud index models for estimating global solar horizontal irradiation over the Pampa Húmeda. *Solar Energy*, 199:295-307, 2020.

Laguarda, A., Abal, G., Russo, P., Habte, A., 2024: Estimating UV-B, UV-Erythemic, and UV-A Irradiances From GHI and MERRA-2 Ozone Column Information. *ASME. J. Sol. Energy Eng .* 147(2): 021001.

LES , 2024: Productos satelitales disponibles en el sitio web del Laboratorio de Energía Solar, URL: <http://www.les.edu.uy/iuv> .

Owens, R. G. and Hewson, T. D., 2018: ECMWF Forecast User Guide. ECMWF, Reading, DOI: 10.21957/m1cs7h.

Proffitt, M. H. 2002: The Global Atmosphere Watch Monitoring Components. SPARC Newsletter n18.

WMO , 2018: . Guide to instruments and methods of observation. World Meteorological Organization

WMO, URL: <https://library.wmo.int/index.php>. WMO/GAW, 2021: GAW Report No. 267. Fifth International Comparison of Dobson Spectrophotometers Villa Ortúzar Observatory, Argentina, 4-22 March 2019.



ALTON 

 www.alton.com.uy

Meteorología • Pluviometría • Radiación Solar



Representantes exclusivos de: OTT Hydromet, Kipp&Zonen, Sutron, Lufft.



AUA
Alianza Uruguaya
por el Agua



Soluciones Campbell Scientific

Su aplicación. Sus necesidades. Su solución.

Somos un diseñador y fabricante líder de registradores de datos, sistemas de adquisición de datos y productos de medición y control utilizados en todo el mundo en una variedad de aplicaciones relacionadas con el Clima, Hidrología, Energía Solar y Eólica, Minas y Represas, y Agricultura. Nos especializamos en sistemas robustos de bajo consumo para monitoreo y control autónomos a largo plazo.

En Campbell Scientific, estamos orgullosos de ser reconocidos nacional e internacionalmente en la industria de Instrumentación para medición y el control en los proyectos de su organización.

Nuestros servicios:

- Consultoría y Asesoría para su proyecto de Instrumentación.
- Instrumentación de monitoreo de Aguas superficiales.
- Instrumentación de Investigación Agrícola y de Suelos.
- Diseño de sistemas de Adquisición de Datos.
- Instrumentación de Calidad del Agua.
- Medición de gases de cambio climático y medición de contaminación.
- Instrumentos Meteorológicos.
- Estaciones Meteorológicas Automáticas (AWS).
- Estaciones Hidrológicas Automáticas.
- Estaciones Meteorológicas Marinas.
- Sistemas AWOS: Observación meteorológica automatizada, medición y comunicación de las condiciones meteorológicas para aplicaciones aeronáuticas.
- Estaciones solares y eólicas para prospección y la operación de proyectos.
- Automatización e Instrumentación de Represas.
- Mantenimientos preventivos en Represas.
- Diseño, instalación, puesta en marcha y mantenimiento en proyectos de meteorología, infraestructura y energías renovables.

Todos los servicios son prestados y respaldados por IRRIS SYSTEMS S.A. desde hace más de 17 años.

 **Campbell**
SCIENTIFIC®

www.irrisystems.com
2924 5672
info@irrisystems.com



08

B



2024