



CAPÍTULO 7

Moderación de fenómenos extremos

Yulian Adalberto Sepúlveda Casadiego

Victor Fabián Forero Ausique

Christian Felipe Valderrama López

Sandra Patricia Montenegro Gómez

Diana Marcela Fúquene

Marco Andrés Guevara Luna¹¹

Martha Liliana Palomino Leiva¹²

7.1 Introducción

Dentro de los servicios ecosistémicos y específicamente en aquellos denominados como los servicios de regulación se pueden apreciar los relacionados con la moderación de fenómenos extremos, estos últimos constituidos por ecosistemas y organismos que actúan como amortiguadores reduciendo los daños frente a eventos naturales adversos tales como catástrofes naturales, causantes de avalanchas, desertificación de suelos, inundaciones, movimiento y desprendimientos de tierras, sequías, tormentas, tsunamis y vórtices, entre otros.

La alta variabilidad de los valores climatológicos estudiados en un fenómeno natural, hace necesario un monitoreo y por ende un pronóstico meteorológico constante para mitigar la repercusión y contribuir con la resiliencia, entendiéndose esta como la capacidad de un ecosistema de recuperarse tras fenómenos de perturbación importantes (Gunderson, 2000). La resiliencia se encuentra ligada estrechamente a la vulnerabilidad y a la exposición y constituyen lo que en el país se ha denominado como la gestión del riesgo.

¹¹ Docentes Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente

¹² Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades.

Correos electrónicos de contacto: yulian.casadiego@unad.edu.co, victor.forero@unad.edu.co, christian.valderrama@unad.edu.co

Actualmente existen varias organizaciones a nivel mundial con programas, plataformas y aplicaciones que muestran mapas a escala global, relacionados con sistemas de información web, con distintas capas y modos para visualizar el comportamiento climatológico de manera didáctica, revisar datos históricos, hacer pronósticos, así como evaluar y reducir riesgos y pronosticar fenómenos extremos que pudiesen materializarse en catástrofes naturales.

El presente capítulo tiene como objetivo realizar una investigación sobre los sistemas de monitoreo de fenómenos meteorológicos extremos a nivel global, relacionados con sistemas de información web, y concluye con el diseño, programación e implementación de un sistema de información de datos abiertos para uso de la comunidad científica.

7.2. ¿Qué son los fenómenos climáticos extremos?

Los fenómenos climáticos extremos son definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2016) como “la ocurrencia de un valor de una variable meteorológica o climática por encima (o por debajo) de un valor de umbral cercano al extremo superior (o inferior) de la horquilla de valores observados de la variable”. Con base en el curso ofrecido por la National Geographic en su apartado de Educación sobre el Clima Extremo en la Tierra, cómo es y qué factores contribuyen al clima extremo, se tiene que entre los factores que afectan los climas extremos están la temperatura (sol), precipitación (agua), presión atmosférica, viento, humedad, nubosidad y corrientes de chorro. También entre los tipos de fenómenos de clima extremo se encuentran:

- a. **Tornado:** nubes, fuertes vientos, lluvia, granizo. Definición NatGeo: “Una columna de aire rotando violentamente que se forma en el fondo de una nube y toca el suelo”.
- b. **Huracán:** o ciclón, viento fuerte, lluvia fuerte. Definición NatGeo: “Tormenta tropical con velocidades del viento de al menos 119 km (74 mi) por hora. Los huracanes son lo mismo que los tifones, pero generalmente se encuentran en la región del Océano Atlántico”.
- c. **Tormenta de nieve:** nieve pesada, hielo temperaturas frías. Definición NatGeo: “Tormenta con vientos fuertes, frío intenso, nieve pesada y poca lluvia”.

- d. Tormenta de polvo:** fuertes vientos, condiciones áridas. Definición Nat-Geo: “Patrón del tiempo del viento soplando polvo sobre grandes regiones de tierra”.
- e. Inundación:** fuertes lluvias.
- f. Tormenta de granizo:** temperaturas frías o cálidas. lluvia, hielo.
- g. Tormenta de hielo:** lluvia helada.

Entre estos se destacan también, el estrés térmico, en los seres humanos el límite máximo de estrés térmico es de un aumento o declive de $\pm 7^{\circ}\text{C}$; los ciclones tropicales, huracanes, tifones o tormentas tropicales, caracterizados por un área de muy baja presión y con rachas de viento mínimo de 120 km/h; olas de frío caracterizadas por una caída rápida en la temperatura ocasionada por la intrusión de una masa de aire frío creada por corrientes aéreas; y olas de calor caracterizadas por ser periodos donde la temperatura se mantiene más alta del rango normal durante un tiempo prolongado en un área más o menos amplia (Sánchez, 2016).

La moderación de los fenómenos extremos se evidencia de manera natural, donde ecosistemas y organismos vivos crean amortiguadores contra las catástrofes naturales conocidos como “servicios de regulación” influenciados y afectados por la agricultura, silvicultura y pesca (FAO, s.f.).

La naturaleza y gravedad de los impactos consecuencia de fenómenos climáticos extremos dependen no sólo del fenómeno mismo sino de la exposición y la vulnerabilidad, la primera hace referencia a “la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares que podrían verse afectados negativamente” y la vulnerabilidad corresponde a “la propensión o predisposición a verse afectado negativamente” (IPCC, 2016).

Los fenómenos meteorológicos extremos y no extremos afectan la vulnerabilidad, modificando la resiliencia. De igual manera el cambio climático aporta a la producción de cambios en la frecuencia, intensidad, extensión espacial, duración y circunstancias temporales de fenómenos meteorológicos extremos que puede dar cabida a futuros fenómenos sin precedentes y de mayor impacto (IPCC, 2016).

Por lo anterior expuesto, es de vital importancia realizar el monitoreo climático y meteorológico constante, global y permanente de manera preventiva.

7.3. Organizaciones, programas y aplicaciones

A continuación, se relacionan algunas organizaciones, programas y sus respectivas aplicaciones que trabajan en lo relacionado con la moderación de fenómenos extremos.

- **Organización Meteorológica Mundial (OMM-WMO):** es una organización intergubernamental con una membresía de 191 Estados Miembros y Territorios. Procede de la Organización Meteorológica Internacional (OMI,) fundada en 1873. Establecida por la ratificación del Convenio de la OMI el 23 de marzo de 1950, la OMI se convirtió en la entidad especializada de las Naciones Unidas en meteorología, hidrología operacional y ciencias geofísicas relacionadas un año después. La Secretaría, con sede en Ginebra, está dirigida por el Secretario General. Su cuerpo supremo es el Congreso Meteorológico Mundial y se encuentra dividido en seis regiones.
- **Oficina de la Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR):** ha liderado un proceso con 29 organizaciones de las Naciones Unidas para desarrollar el Plan de Acción de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres para la Resiliencia, adoptado en 2014 por el Consejo Ejecutivo Principal de las Naciones Unidas (UNISRD, 2018).
- **Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC):** organismo internacional encargado de evaluar la ciencia relacionada con el cambio climático. Creado por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, para proporcionar a los responsables de formular políticas, evaluaciones periódicas de la base científica del cambio climático, impactos, riesgos futuros y opciones de adaptación y mitigación (Field, 2012).
- **Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA):** agencia con alcance desde la superficie del sol hasta las profundidades del fondo marino, brindan pronósticos meteorológicos diarios, advertencias de tormentas severas y monitoreo del clima hasta la gestión pesquera, la restauración

costera y el comercio marítimo de apoyo. Los científicos de NOAA utilizan investigación de vanguardia para el apoyo en la toma de decisiones a partir de información confiable (NOAA, 2018a).

- **Oficina de Asimilación y Modelamiento Global (GMAO):** es una organización única que utiliza modelos de computadora y técnicas de asimilación de datos para mejorar el programa de observaciones de la Tierra de la NASA.
- **Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo (ECMWF):** es una organización intergubernamental independiente respaldada por 34 estados (ECMWF, s.f.a). Es un instituto de investigación y un servicio operativo 24/7, que produce y difunde predicciones meteorológicas numéricas a sus estados miembros. El centro ofrece a su vez un catálogo de datos de pronóstico que pueden ser comprados en todo el mundo. Poseen una de las supercomputadoras más grandes en Europa. Estados miembros: Austria, Bélgica, Croacia, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Portugal, Serbia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía y el Reino Unido.
- **Centro Nacional de Clima (National Weather Service - NWS):** esta organización presenta alertas activas, tales como advertencias por estado, pronóstico excesivo de lluvia y clima de invierno, inundaciones fluviales, últimas advertencias, Tormenta / Tornado, Outlook, Huracanes, perspectivas del clima de fuego, Alertas UV, sequía, tiempo espacial, radio meteorológica NOAA. En la figura 7.1, se puede observar la imagen de cómo se proyectan las diferentes variables mencionadas (NWS, s.f.).

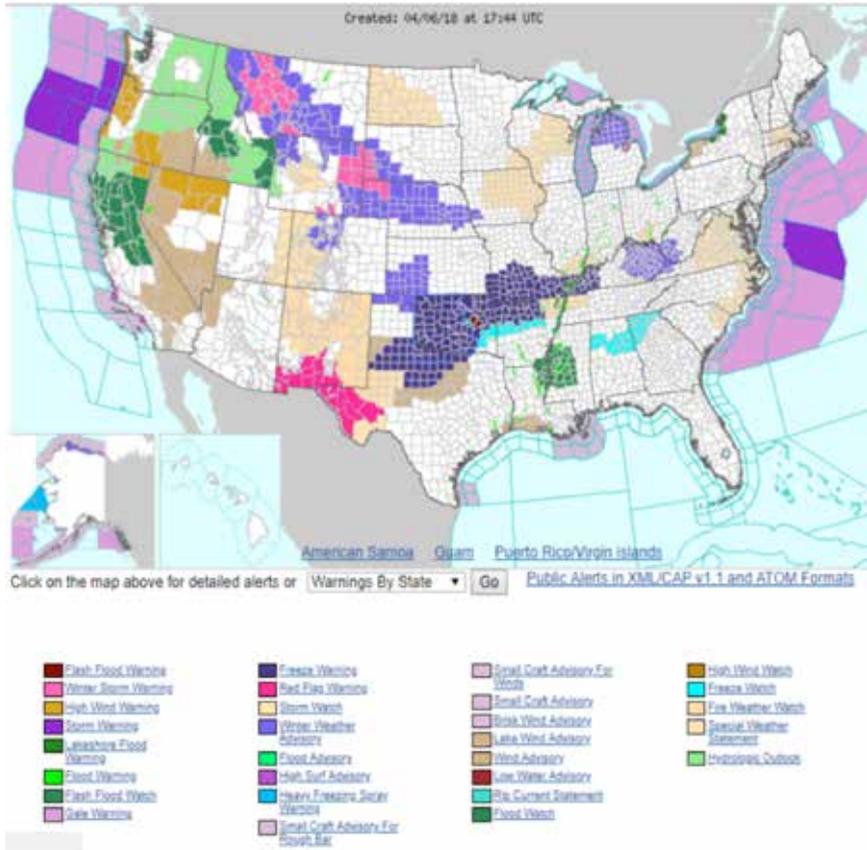


Figura 7.1. Plataforma web de NWS para EEUU.

Adaptado de: "National Weather service" (2018). <https://www.weather.gov/> Derechos de autor (2018).

- **Programa de Instrumentos y Métodos de Observación (IMOP):** establece normas técnicas, procedimientos de control de calidad y orientación para el uso de instrumentos meteorológicos y métodos de observación a fin de promover la documentación de desarrollo y la normalización mundial.
- **Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (NMHSs) - Programa de Reducción de Riesgo de Desastres (DRR):** ayuda a los miembros a desarrollar y prestar servicios dirigidos a proteger vidas, medios de subsistencia y propiedades contra riesgos naturales de una manera rentable, sistemática y sostenible. Esto finalmente contribuye a un desarrollo resiliente y sostenible bajo un clima cambiante. El alcance del programa abarca el fortalecimiento de las capacidades de los SMHN para apoyar la preparación a través de

sistemas de alerta temprana, proporcionar información sobre peligros para evaluaciones de riesgos, prevención, respuesta y recuperación, y transferencia de riesgos en todos los sectores, mitigar los riesgos existentes y prevenir la creación de nuevos riesgos, responder a los requisitos del usuario, cooperar y participar en las estructuras de gobierno de riesgo de desastres en todos los niveles.

- **Actividad de Respuesta de Emergencia (ERA):** el Programa utiliza y aplica técnicas especializadas de modelado de dispersión y transporte atmosférico para buscar y predecir la difusión de sustancias peligrosas en el aire en caso de una emergencia ambiental. Este tipo de aplicación especializada depende directamente de la infraestructura operativa de los sistemas numéricos de predicción meteorológica que se implementan y mantienen en muchos centros del Sistema Global de Procesamiento de Datos y Pronósticos (GDPFS). Estos centros operan a nivel global, regional y nacional (“Emergency Response Activities”, 2018).

- **Protocolo de Alerta Común (Common Alerting Protocol - CAP):** el Protocolo de Alerta Común, es un formato de datos basado en XML para intercambiar advertencias públicas (Figura 7.2). Es un formato de mensaje estándar diseñado para todo tipo de medios, peligros y comunicaciones. Todos los medios (televisión, radio, teléfono, fax, señales de tráfico, correo electrónico, sitios web, RSS "Blogs"), cualquier tipo de peligro (clima, incendios, terremotos, volcanes, deslizamientos de tierra, secuestros de niños, brotes de enfermedades, advertencias sobre la calidad del aire, problemas de transporte, cortes de energía), cualquier persona: el público en general; grupos designados (autoridad cívica, respondedores, etc.), gente específica (Cheng, 2017). Entre los beneficios del CAP están:
 - a. **Reducción del costo/complejidad.** un remitente de mensaje CAP puede activar múltiples sistemas de alerta con una sola entrada.
 - b. **Facilita conocer una situación común.** se pueden recopilar alertas estandarizadas de muchas fuentes para el conocimiento situacional, proporcionando una imagen completa de todo tipo de alertas locales, regionales y nacionales.
 - c. **Consistencia.** corrobora la información de alerta exacta, a través de sus múltiples canales.
 - d. **Flexibilidad y estándar innovador.** CAP realiza un pronóstico de impacto en base a una matriz de riesgos: Posee medios consistentes para la pronta

expresión del impacto potencial, mucho antes de un evento hidrometeorológico significativo. Expresa de forma progresiva las cambiantes expectativas de riesgo en función de la variación de la exposición, la vulnerabilidad y la probabilidad hidrometeorológica.

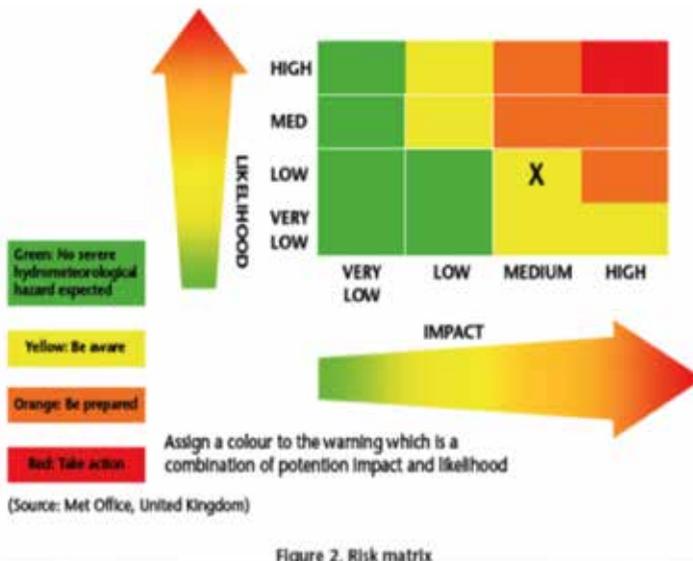


Figura 7.2. Matriz de riesgos CAP.

Adaptada de: Cheng (2017). Contributing to the Effective Delivery of Warnings. https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/CW_4.pdf. Derechos de autor (2017).

- **Programa Copernicus:** es el programa de observación de la tierra de la Unión Europea. Anteriormente conocido como **GMES** (Monitoreo Global de Medio Ambiente y Seguridad - ECMWF, s.f.b), proporciona un conjunto complejo de sistemas que recopilan datos de múltiples fuentes: satélites de observación de la tierra y sensores *in situ*, sensores aerotransportados y transportados por vía marítima. Copernicus procesa estos datos y brinda a los usuarios información confiable y actualizada a través de un conjunto de servicios relacionados con cuestiones ambientales y de seguridad.
- **Marco Global para los Servicios Climáticos (GFCS):** entidad encargada de Mejorar la gestión de los riesgos de la variabilidad climática y el cambio y la adaptación al cambio climático, mediante el desarrollo e incorporación de información y predicción climática basada en la ciencia, planificación, políticas y prácticas a escala mundial, regional y nacional (GFCS, 2018).

- **Centro de Información Meteorológica Severa (SWIC):** plataforma que centraliza y proporciona advertencias oficiales autorizadas e información emitida por los NMHSs. Incluye advertencias sobre ciclones tropicales e información mundial sobre climas severos (Figura 7.3).

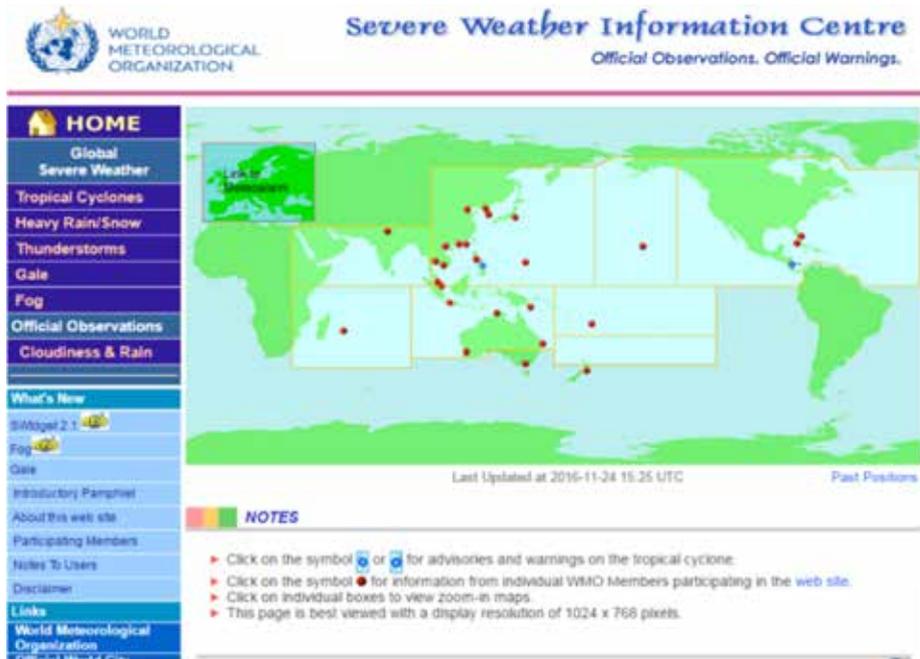


Figura 7.3. Plataforma web del Centro de Información Meteorológica Severa.

Adaptado de: "Severe Weather Information Centre". Por WMO, (2018). <http://severe.worldweather.org/>. Derechos de autor (2018).

- **Centro de Modelado Ambiental (Environmental Modeling Center - EMC):** es el responsable de mejoras, transiciones a operaciones y mantenimiento de más de 20 sistemas de predicción numérica (Figura 7.4).
- **Rama de Modelado y Análisis Marino (Marine Modeling and Analysis Branch - MMAB):** responsables del desarrollo de sistemas mejorados de predicción y análisis marinos numéricos dentro del Servicio Meteorológico Nacional de la NOAA.

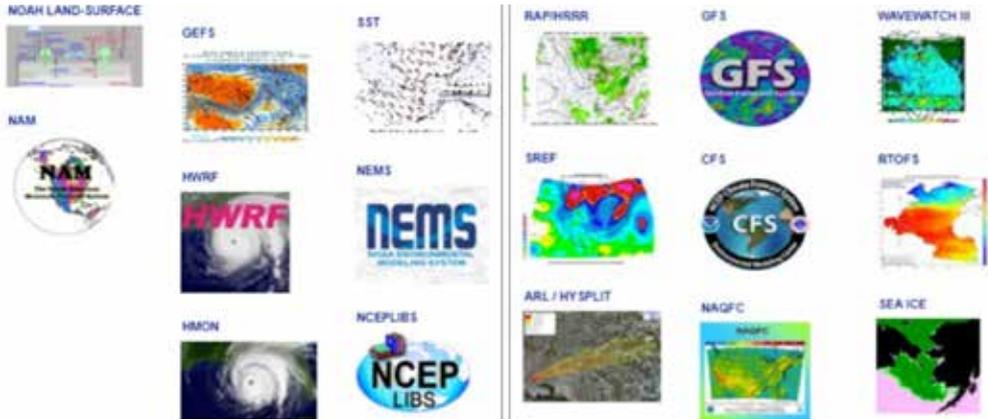


Figura 7.4. Sistemas de pronóstico numéricos.

Adaptado de: "Environmental Modeling Center". Por NOAA (2018b).
<http://www.emc.ncep.noaa.gov/> Derechos de autor (2018).

- **SWPC (Space Weather Prediction Center):** plataforma que permite estudiar los siguientes fenómenos:
 - a. **Aurora.** La aurora boreal (Northern Lights) y aurora australis (Southern Lights) son el resultado de la colisión de electrones con los tramos superiores de la Tierra.
 - b. **Agujeros coronales.** Aparecen como áreas oscuras en la corona solar en ultravioleta extremo (EUV) y en imágenes solares de rayos X blandos.
 - c. **Eyecciones de masa coronal.** Son grandes expulsiones de plasma y campo magnético de la corona del Sol.
 - d. **Magnetosfera de la tierra.** La magnetosfera es la región del espacio que rodea la Tierra donde el campo magnético dominante es el campo magnético de la Tierra, en lugar del imán.
 - e. **Emisiones de radio de F10.7 cm.** El flujo de radio solar a 10,7 cm (2800 MHz) es un excelente indicador de la actividad solar.
 - f. **Rayos cósmicos galácticos.** Son la fuente de fondo energicamente variable y de variación lenta de partículas energéticas que constantemente bombardean la Tierra.
 - g. **Tormentas geomagnéticas.** Son fluctuaciones en el campo magnético de la Tierra, causadas por cambios en el viento solar y en el campo magnético interplanetario.

- h. Ionosfera.** La ionosfera, entre 80 y ~ 600 km en la atmósfera superior de la Tierra, es donde la radiación solar causada por la ionización crea una capa de electrones que puede afectar a los sistemas terrestres.
 - i. Centelleo ionosférico.** Es la modificación rápida de las ondas de radio causadas por estructuras de pequeña escala en la ionosfera.
 - j. Cinturones de radiación.** Son regiones de poblaciones mejoradas de electrones y protones energéticos que rodean la Tierra en el espacio
 - k. Irradiación Solar.** Solar Extreme Ultraviolet (EUV) es una radiación solar que cubre las longitudes de onda de 10 - 120 nm del espectro electromagnético.
 - l. Llamadas solares (apagones de radio).** Las erupciones solares son grandes erupciones de radiación electromagnética del Sol que dura de minutos a horas.
 - m. Tormenta de radiación solar.** Ocurren cuando una erupción magnética a gran escala, que a menudo causa una eyección de masa coronal y una llamarada solar asociada, acelera las partículas cargadas en la atmósfera solar a velocidades muy altas.
 - n. Viento solar.** Fluye continuamente hacia el exterior del Sol y se compone principalmente de protones y electrones en un estado conocido como plasma. El campo magnético solar está incrustado en el plasma y fluye hacia afuera con el viento solar.
 - o. Manchas solares.** Son áreas oscuras que se hacen aparentes en la fotosfera del sol como resultado del intenso flujo magnético que empuja hacia arriba desde más adentro del interior solar.
 - p. Contenido total de electrones.** Es la cantidad total de electrones presente a lo largo de una ruta entre un transmisor de radio y un receptor. (NOAA/NWS, 2018).
- **SafeAdviser:** aplicación para celulares que muestra un “índice de seguridad general” de cualquier ubicación elegida, incluidos los indicadores basados en los datos de Copernicus sobre la contaminación atmosférica y lumínica, niveles de radiación ultravioleta y clima tormentoso.
 - **Boletines de Ozono Antártico:** publicaciones por la OMM, los cuales contienen información sobre el estado de la capa de ozono en la Antártida en intervalos de aproximadamente dos semanas, de agosto a noviembre. Los pronósticos de CAMS del agujero de ozono también son utilizados por algunas

de las estaciones de sonda de ozono para cronometrar la liberación de sus sondas de globo, que es especialmente útil para las estaciones que se encuentran en el borde del área sin ozono.

- **GeoModel Solar:** para prevenir la pérdida de energía y mejorar la gestión de las plantas de energía solar CAMS (al igual que su proyecto de precursor MACC) proporciona un pronóstico de 5 días para predecir los movimientos del polvo del desierto. En particular, CAMS ha estado proporcionando pronósticos de aerosoles a GeoModel Solar, una compañía especializada en la calificación de sitios, planificación, financiación y operación de sistemas de energía solar. Los aerosoles afectan directamente la cantidad de radiación solar que llega a la superficie de la Tierra y, por lo tanto, son uno de los componentes que determina la cantidad de radiación solar disponible para la energía solar en cualquier ubicación de la Tierra.
- **Windy:** basado en datos de la NOAA ha creado un mapa de prevención de viento animado a manera de aplicación, la cual permite ver los patrones de viento previstos para los próximos cinco días. El mapa también incluye cobertura de nubes, presión a nivel del mar, humedad relativa y temperatura ("Windyty", 2014). En 2014 fue fundada bajo el nombre de Windyty por Ivo Lukačovič inspirado por los productos de la compañía suiza Meteoblue con los cuales hizo acuerdo de uso de sus productos y el proyecto "Earth", cuyos códigos de fuente abierta de la Tierra reescribió completamente. En 2015 se unieron dos programadores y utilizaron GFS (Global Forecast System) y NEMS (NOAA Environmental Model System) como principales modelos de pronóstico. En 2016 lanzaron aplicaciones móviles para Android e IOS. Usan el modelo ECMWF reconocido como el más preciso disponible. En 2017 creció a cinco personas y cambiaron el nombre a Windy (Lukačovič, 2017).

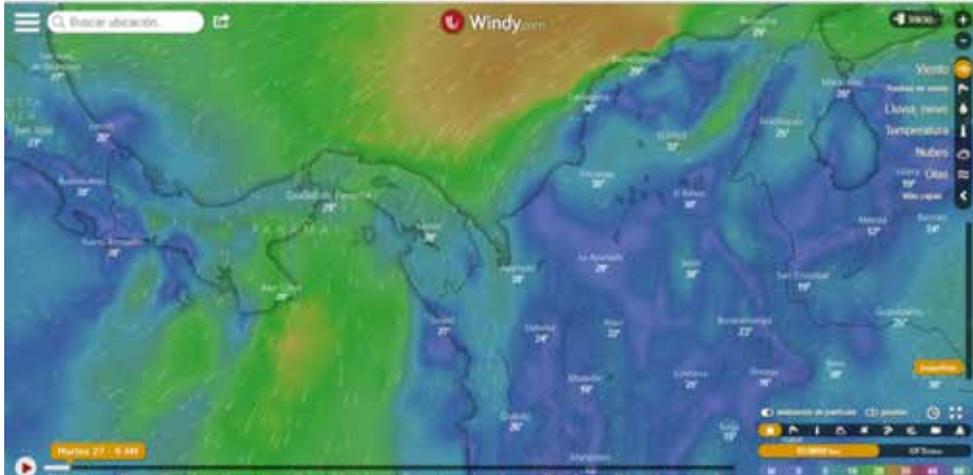


Figura 7.5. Mapa de prevención animado de Windy.

Adaptado de: "windy" (2017). <https://www.windy.com/?8.222,-77.025>, Derechos de autor (2017).

- **Earth:** Earth es un sistema de monitoreo virtual, que permite visualizar las condiciones climáticas globales pronosticado por superordenadores y actualizado cada tres horas; realiza estimaciones actuales de la superficie oceánica actualizado cada cinco días; temperaturas de la superficie oceánica y anomalías del promedio diario, actualizado diariamente; las olas del mar, actualizado cada tres horas; y los aurora, actualizado cada treinta minutos (Earth, 2018 – Figuras 7.6, 7.7 y 7.8).

Para los datos del clima utiliza el GFS (Global Forecast System) con EMC / NCEP / NWS / NOAA.; corrientes oceánicas OSCAR con Earth & Space Research, temperatura superficial del mar RTGSST (Real Time Global Sea Surface Temperature) con MMAB / EMC / NCEP / NWS / NOAA, marea WAVEWATCH III de MMAB / EMC / NCEP / NWS / NOAA, Química y aerosoles GEOS-5 (Goddard Earth Observing System) con GMAO / NASA y CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring System con Copernicus / European Commission + ECMWE), la aurora OVATION con SWPC / NCEP / NWS / NOAA. (Earth, 2018).



Figura 7.6. Modo espacio, Aurora, del sistema de monitoreo virtual Earth.

Adaptado de: "earth" (2018). <https://earth.nullschool.net/>. Derechos de autor (2018).

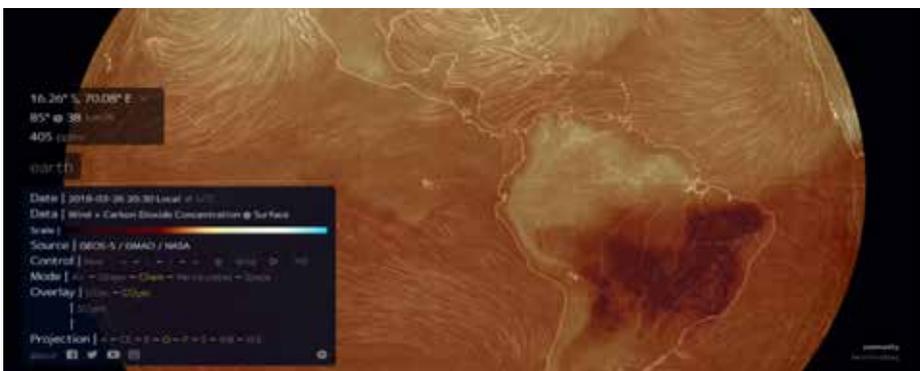


Figura 7.7. Modo químico, Capa dióxido de carbono.

Adaptado de: "earth" (2018). <https://earth.nullschool.net/>. Derechos de autor (2018).

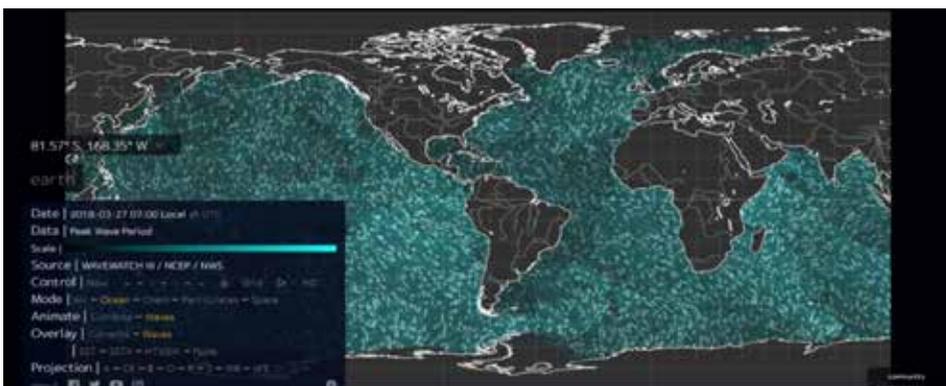


Figura 7.8. Modo Océano, animación y sobre capa de olas, proyección E.

Adaptado de: "Earth" (2018). <https://earth.nullschool.net/>. Derechos de autor (2018).

- **Meteoblue:** es una página web que permite identificar y analizar información meteorológica a través de las herramientas de dimensión de tiempo como el *Clima*, *History+*, *Nowcast* y *Forecast*; A continuación, se detallan las funciones de cada una de estas:
 - a. **Clima.** Analiza variables climáticas agregadas para 5-30 años de datos pasados, datos de simulación con alta precisión, con resolución espacial de aproximadamente 30 km y la plataforma Weather API para integrar datos y gráficos en su sistema o sitio web. La plataforma permite describir el clima de un área o ubicación. Los datos climáticos generalmente muestran mínimos, promedios, máximos para períodos específicos como días, meses, años e incluyen las variables más comunes, como temperatura, humedad relativa, precipitación, viento, radiación, sol y presión.
 - b. **History+.** Muestra variables climáticas de un momento pasado específico. Son datos de simulación de alta precisión. 100% completos, disponibles con intervalos de una hora, diarios, mensuales y anuales, válidos para lugares sin mediciones. Este permite descargar fácilmente datos de simulación meteorológica histórica coherente en formato de descarga (csv). La plataforma utiliza un análisis de datos a través de una Interfaz interactiva, Comparación de año, Histograma y Rosa de los vientos. Por otro lado, este permite realizar una evaluación de riesgos de los diferentes eventos en los últimos 30 años, el diagrama de evaluación se subdivide en 3 partes:

Probabilidad de un determinado evento en porcentaje (%). El eje y indica la probabilidad, mientras que el eje x muestra el marco de tiempo para todos los diagramas. **Riesgo tolerable.** Se aproxima al riesgo personal tolerable en porcentaje (%). Permite la evaluación del riesgo teniendo en cuenta las divergencias. El eje “y” indica el riesgo tolerable en porcentaje. **Año.** Compara las ocurrencias de eventos de los últimos 30 años. El eje “y” muestra los diferentes años. Esto ayuda a diferenciar las estaciones y ayuda a evaluar la probabilidad de un determinado evento. El diagrama de evaluación de riesgos analiza los diferentes eventos (*Frío y cálido; Precipitación; Capacidad de agua; Cobertura de las nubes*) y define el umbral de forma individual. A continuación, se da una descripción detallada de los mencionados: *Evento frío y cálido*. Esto se usa comúnmente para evaluar las heladas y golpes de calor. La temperatura está por debajo o por encima de un cierto umbral durante un cierto tiempo. El umbral

se establece para valores de temperatura entre 0 °C y 43 °C para eventos cálidos, así como -30 °C y 30 °C para eventos fríos. En la figura 7.9 se evidencian las 3 graficas que permiten identificar la probabilidad del evento definido en la primera, la estimación del riesgo personal, en el segundo diagrama y en la última, la ocurrencia del evento definido en los últimos 30 años para cada año.

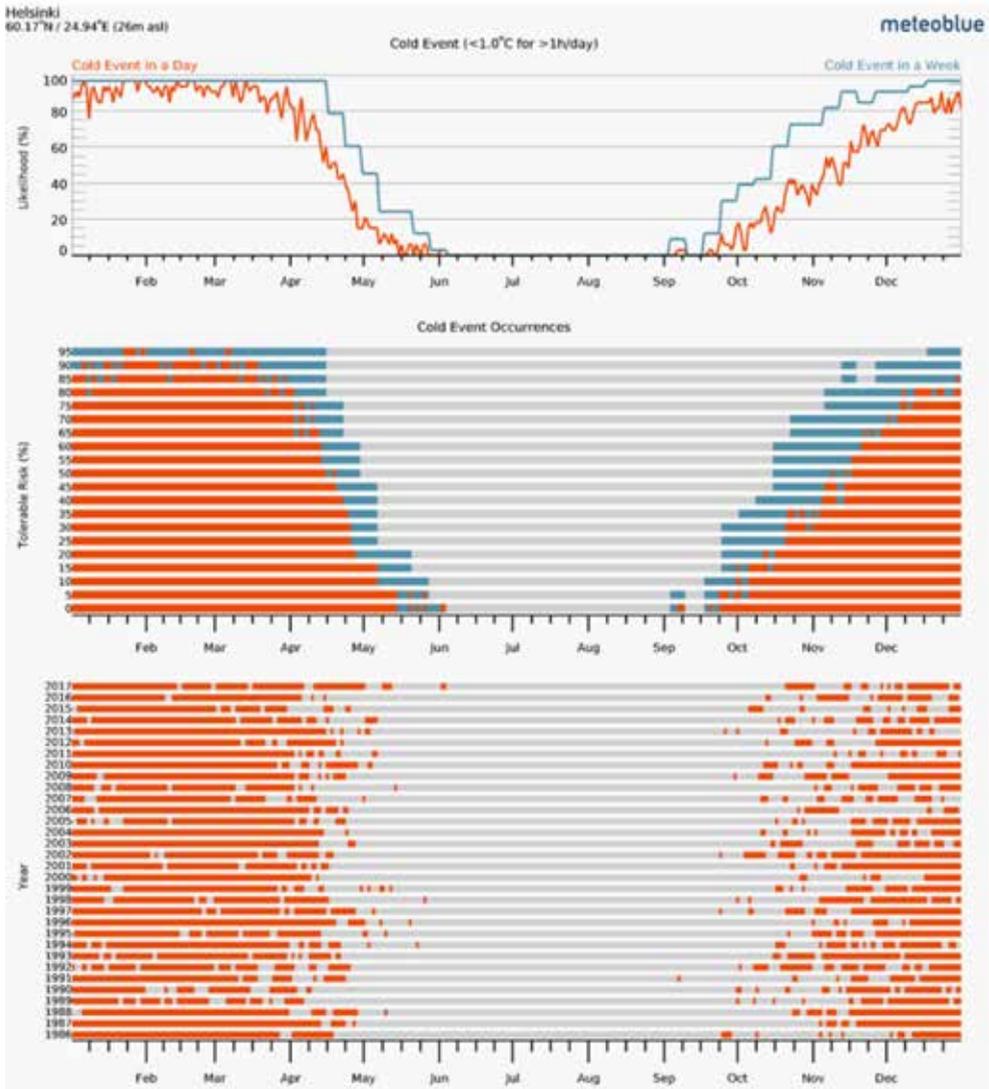


Figura 7.9. Ejemplo diagramas para evento de frío y calor en Helsinki.

Adaptado de: "Meteoblue" (2018). <https://content.meteoblue.com/en/help/products/history/risk-assessment>. Derechos de autor (2018).

Precipitación. Esta variable evalúa las cantidades de precipitación en una semana por encima de un cierto umbral y con la ayuda de esta representación, puede estimar los eventos de precipitación fuerte, y programar actividades en consecuencia tal como se observa su representación en la figura 7.10. El umbral para las cantidades de precipitación debe definirse entre 1 y 100 mm / semana.

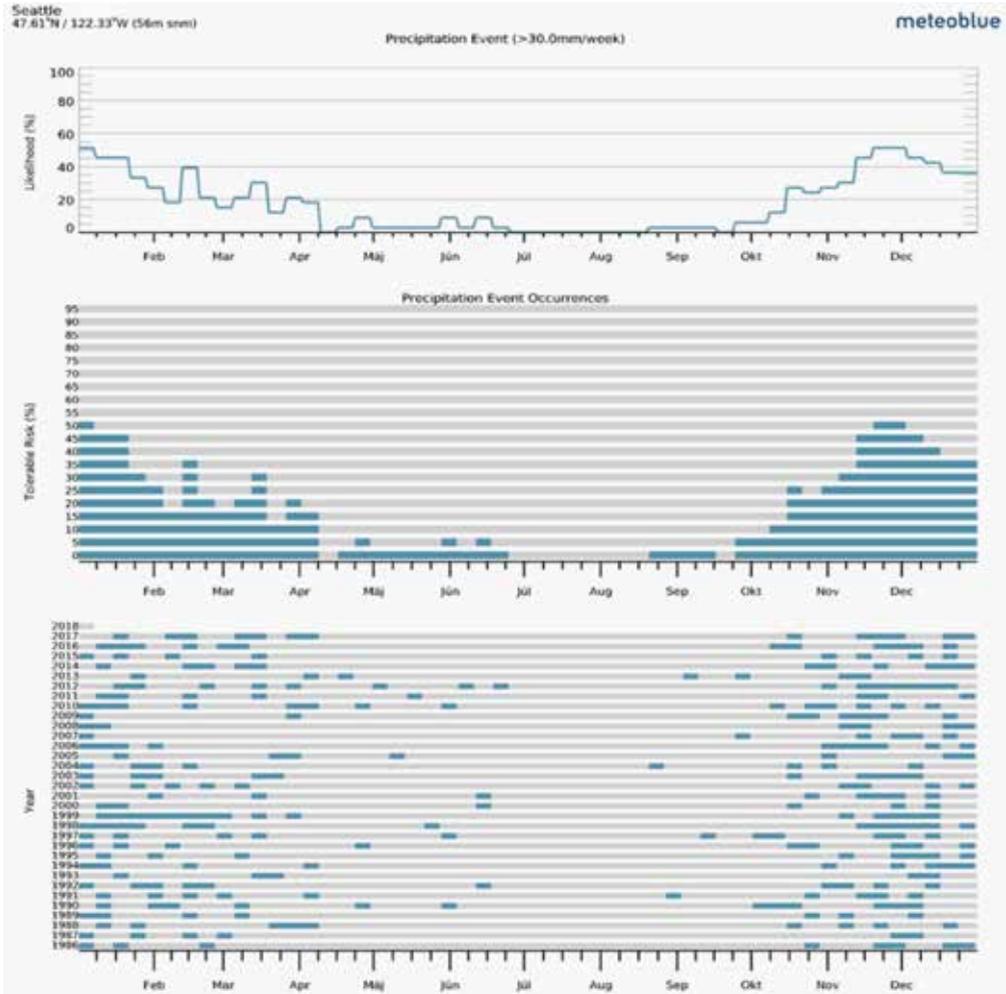


Figura 7.10. Ejemplo diagramas de precipitación en Seattle.

Adaptado de: "Meteoblue" (2018). <https://content.meteoblue.com/en/help/products/history/risk-assessment>.
Derechos de autor (2018).

Capacidad de agua. Analiza la probabilidad estimada de la cantidad restante de agua en el suelo en milímetros (mm). Se selecciona la cantidad máxima de capacidad de agua del suelo según su suelo y tipo de cultivo. Las mayores capacidades de agua en el suelo indican mejor las estaciones secas extremas. La capacidad de agua del suelo máxima disponible se puede definir entre 10 mm y 200 mm, interpretadas en las barras verdes, amarillas, anaranjadas y rojas, como se observa en la figura 7.11.

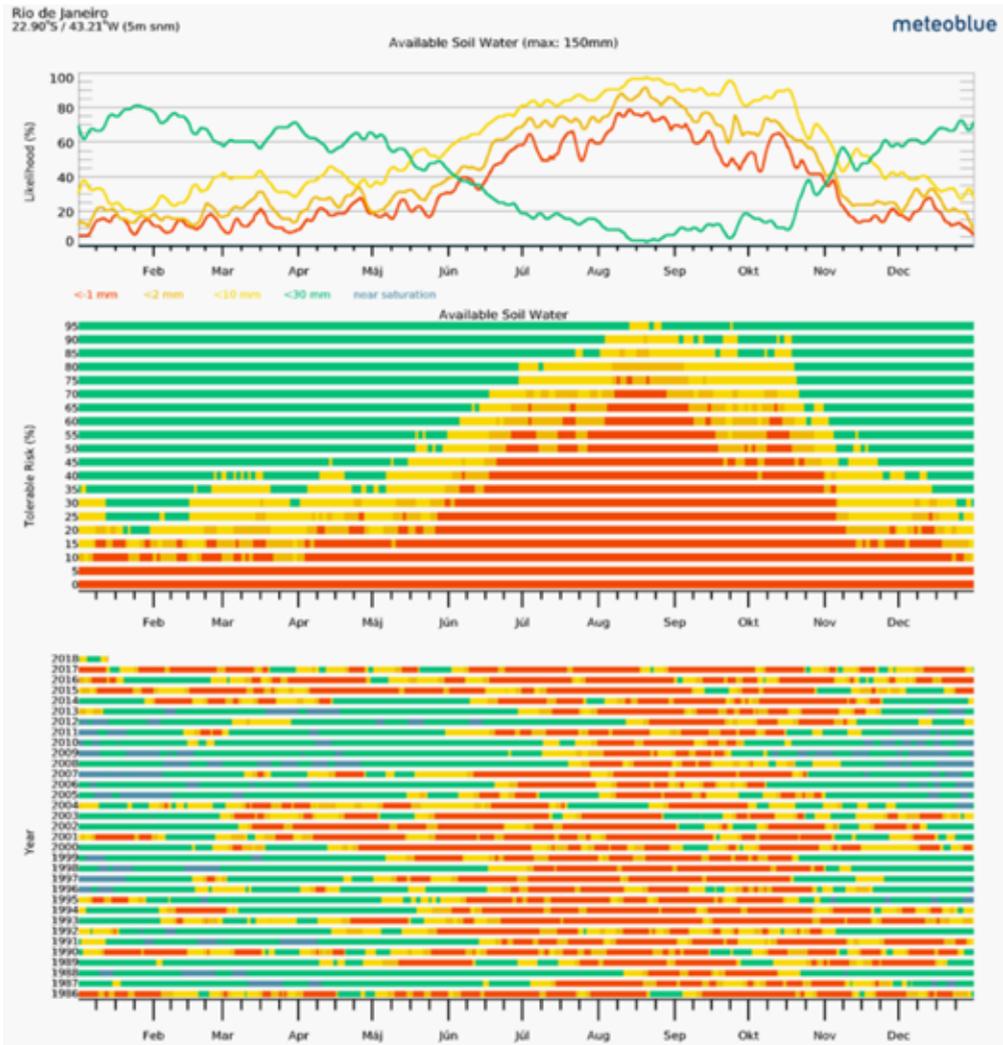


Figura 7.11. Ejemplo diagramas de capacidad de agua en Rio de Janeiro.

Adaptado de: "Meteoblue" (2018). <https://content.meteoblue.com/en/help/products/history/risk-assessment>.
Derechos de autor (2018).

Cobertura de nubes. Indica las horas libres de nubes por día dependiendo del umbral, que se puede definir entre 15% y 100%. La representación gráfica se observa en la figura 7.12, en donde el primer diagrama muestra la distribución probabilística de la cobertura de nubes por debajo de un cierto umbral. P80 indica el segundo mejor y P20 el segundo peor de 10 eventos. Con esta representación, se puede identificar estadísticamente el período de tiempo con los mejores días sin nubes. El último diagrama muestra la ocurrencia real de horas libres de nubes en los últimos 30 años.

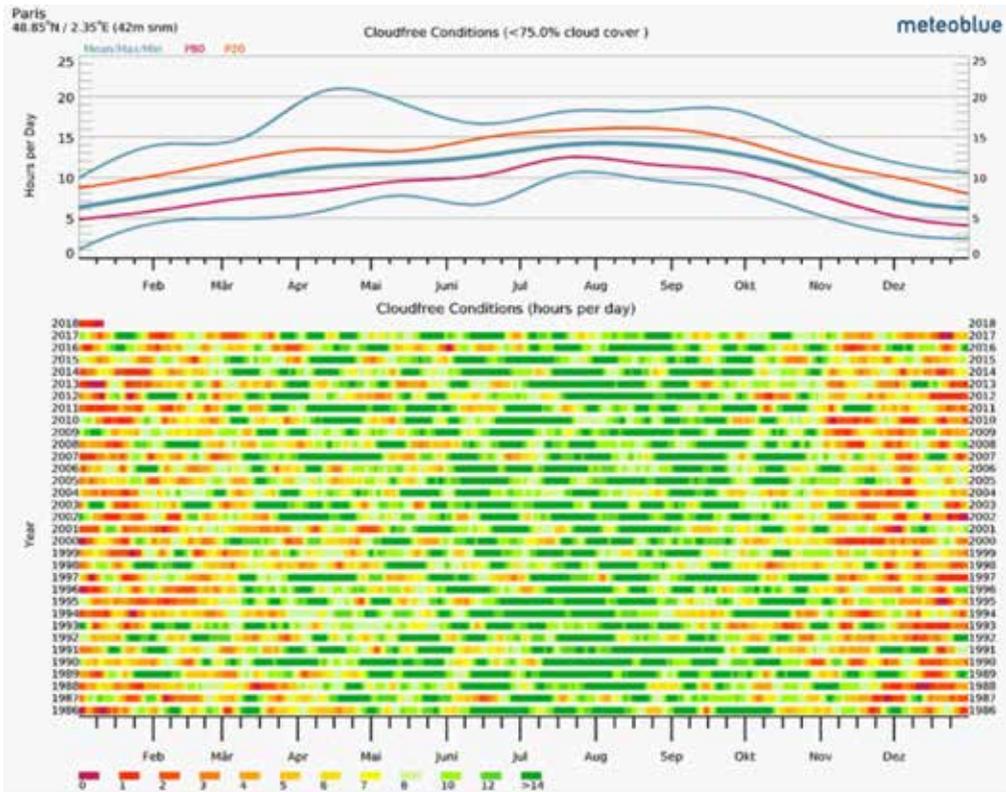


Figura 7.12. Ejemplo diagramas de cobertura de nubes en Paris.

Adaptado de: "Meteoblue" (2018). <https://content.meteoblue.com/en/help/products/history/risk-assessment>.
Derechos de autor (2018).

- c. **Nowcast.** Muestra los datos meteorológicos del presente. Pueden medirse con estaciones meteorológicas, observarse con satélites, cámaras o usuarios, o ser simulados con métodos de predicción inmediata y muestra la mejor información disponible de las condiciones actuales, a

continuación, se explican los productos para la medición y observación de datos meteorológicos: *Mapas satelitales y de radar*. Meteoblue ofrece mapas animados por satélite y datos de precipitación, tan simple como un plugins para un sitio web o una aplicación (Figura 7.13). Los mapas dinámicos pueden integrarse vía iframe en cuestión de minutos. Las imágenes por satélite y radar están siempre ubicados de la mejor manera para proveer al usuario una óptima experiencia. El usuario puede mover y hacer zoom de la vista.



Figura 7.13. Ejemplo mapa satelital Europa.

Adaptado de: "Meteoblue" (2018). <https://content.meteoblue.com/en/products/time-dimensions/nowcast>.
Derechos de autor (2018).

- d. **Forecast.** Son datos meteorológicos para el futuro. Alta precisión de predicciones meteorológicas en cualquier parte de la tierra, es de fácil integración de los datos y graficas dentro del sistema o sitio web. Entre sus productos están los paquetes de datos tales como el clima actual, el propósito general, las variables climáticas más comunes (nubosidad, agro, viento, simulaciones de la atmósfera - aire, previsión del tiempo marino, variables de radiación solar y producción fotovoltaica), entre otros.

- e. **Mapas meteorológicos.** Muestra detalles del pronóstico local en cualquier lugar del mundo, diagramas con curvas, cuadros y perfiles. Los pronósticos son calculados con un lugar y altitud específica. En áreas con montañas y valles, se usa la altitud promedio de los lugares adyacentes. Los mapas meteorológicos pueden ser distintos para la misma área, depende de la altitud considerada para el pronóstico. Las figuras 7.14 y 7.15, muestran diferentes tipos de meteogramas. A continuación, los diferentes tipos de mapas meteorológicos:

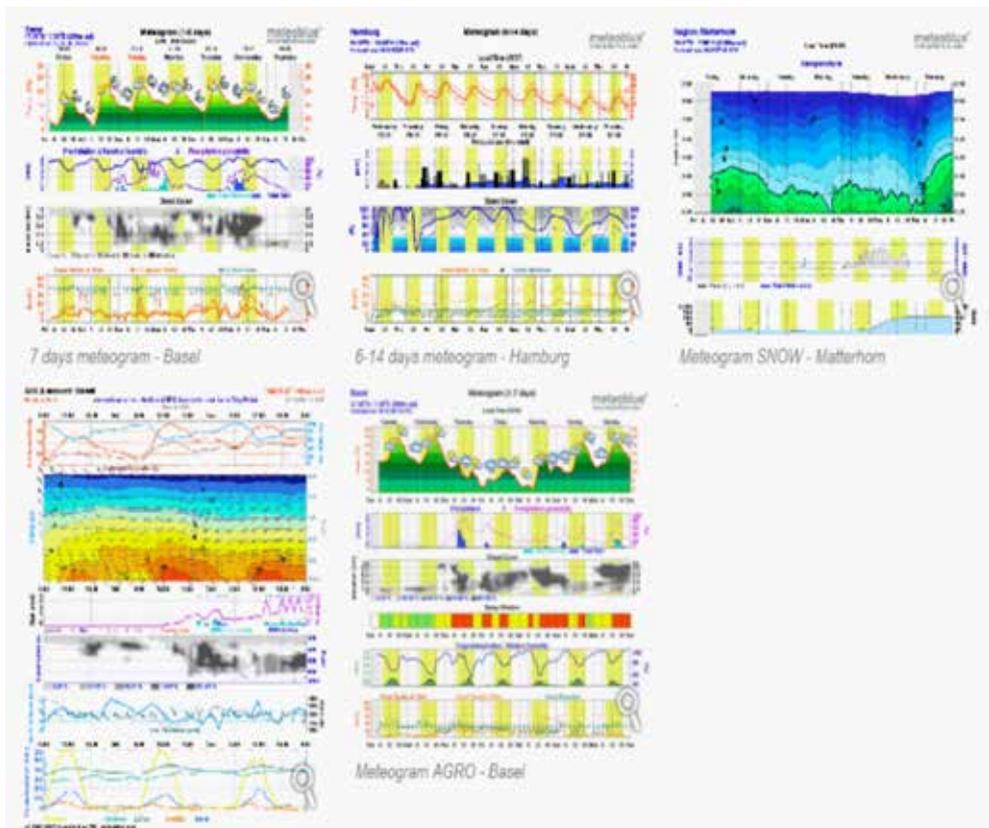


Figura 7.14. Ejemplos de meteogramas.

Adaptado de: "Meteoblue" (2018). <https://content.meteoblue.com/en/help/spatial-dimensions/point-r/meteograms>. Derechos de autor (2018).

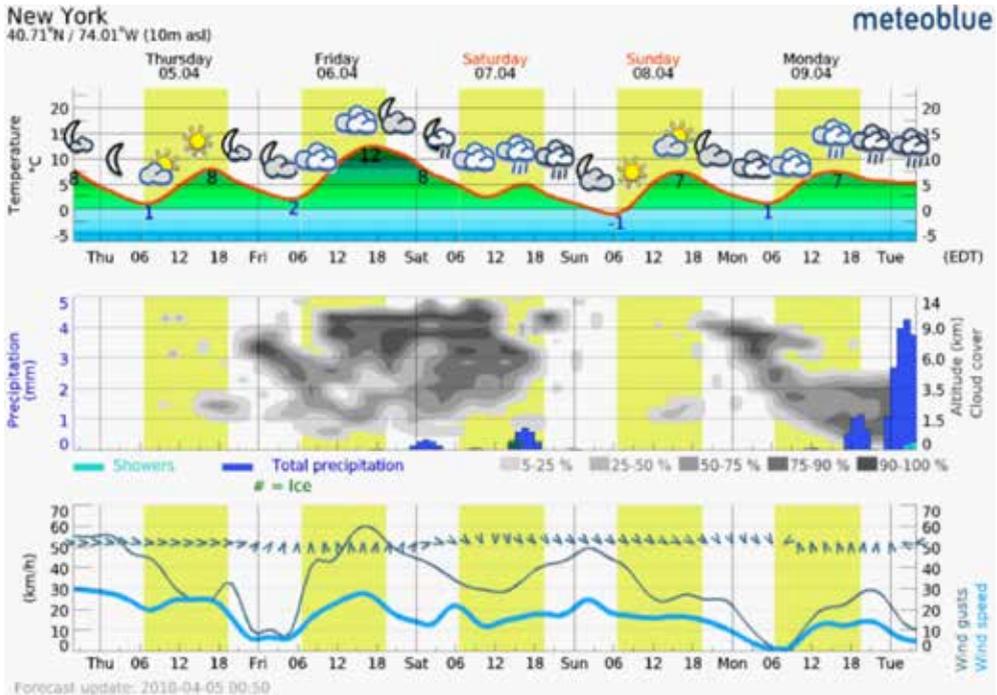


Figura 7.15. Ejemplo meteograma All-in-One para la ciudad de Nueva York.

Adaptado de: "Meteoblue" (2018). https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/meteogramfive/new-york_united-states-of-america_5128581. Derechos de autor (2018).

Meteograma Agro. Temperatura del aire, velocidad del viento y la dirección en el suelo, precipitación, nubes, ventanas de pulverización y evaporación. **Meteogram AgroSowing.** Muestra el desarrollo de la temperatura del suelo y la precipitación hasta por 7 días. Incluye ventanas de siembra para la cual está separada en tres categorías: períodos adecuados (verde), menos adecuados (amarillo) e inadecuados (rojo) para la aplicación en intervalos de una hora. **Meteogram AgroSpraying.** Muestra el desarrollo de la temperatura y la precipitación hasta 7 días. Además, incluye la ventana de pulverización. La ventana de pulverización ayuda a identificar períodos adecuados para aplicar medidas de protección de cultivos, mostrando períodos adecuados (verde), menos adecuados (amarillo) e inadecuados (rojo) para la aplicación. **Meteogram Snow.** Muestra el desarrollo local de la temperatura a varias altitudes y la precipitación, nieve derretida y altura de nieve a nivel del suelo en pasos de una hora. **Meteogram Sea/Surf.** Muestra el pronóstico del clima marino para los lugares cercanos al mar. Brinda información detallada sobre la velocidad y dirección del viento, precipitación, olas y alturas de oleaje junto con

sus periodos. *Meteogram Solar-Season*. Producción media mensual de una unidad de producción de energía solar.

Acceso al servicio. De acuerdo a la figura 7.16, el programa permite acceder a servicios de transmisión a través de página web, mediante dispositivos móviles, correo electrónico, en formato API, y formato encriptado FTP.

Product categories	Transmission					Data formats				
	Website	Mobile Apps	API	FTP	E-Mail	JSON	CSV	XLSX	PNG	PDF
Data packages			X	X	X	X	X			
Images	X	X							X	
Weather maps	X								X	
Customized data					X		X	X		
Reports					X					X

Figura 7.16. Descripción general de las categorías de productos y el acceso a ellos.

Adaptado de: "Meteoblue" (2018). <https://content.meteoblue.com/en/products/service-access>.
Derechos de autor (2018).

7.4. Recursos informáticos para la modelación ambiental - SOFTWARE

Es indispensable la utilización de herramientas para el modelado y la simulación de variables ambientales que permitan contribuir en la predicción del comportamiento de algunos fenómenos meteorológicos, con el propósito de generar alertas tempranas frente a fenómenos extremos, a continuación, se muestran algunos de ellos:

- **ArcGIS:** software licenciado que realiza estudios ambientales, desde la generación de Modelos Digitales del Terreno y los mapas de información asociada (pendientes, orientación, sombreado). Genera también mapas de información ambiental que permiten analizar la distribución espacial de factores ambientales, evaluación de la pérdida de suelo mediante modelos de erosión, análisis complejos con múltiples variables como la capacidad de acogida del territorio o el análisis de riesgos y automatización de procesos con ModelBuilder.

- **QGIS:** es un software SIG de código libre, desarrollado por Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) en C++, permite la visualización edición y análisis de datos geográficos. QGIS permite la creación de mapas con diversos números de capas que pueden ser ensambladas bajo diferentes formatos, dependiendo de la aplicación. Cuenta con soporte para la extensión espacial de SpatiaLite, ORACLE Spatial y PostGIS, que añade soporte a objetos geográficos en una base de datos, convirtiéndola en una base de datos espacial; permite la creación de mapas a través de capas raster (celdas) o de capas vectoriales (líneas y polígonos), soportando numerosos formatos, Shapefile, ArcInfo, MapInfo, GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG.
- **HECHMS:** para representar procesos de lluvia o precipitación y de escorrentía de frecuencia se encuentra el HECHMS (s.f.). Este software permite implementar una serie de modelos hidrológicos de lluvia, pérdida, escorrentía y enrutamiento.
- **CORINE (Coordination of Information on the Environment):** software utilizado por el IDEAM, promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC90), esta metodología permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura terrestre a partir de imágenes satelitales (Landsat) para el diseño de mapas de cobertura a diferentes escalas.
- **RClimTool:** herramienta de software libre que permite apoyar en la toma de decisiones en el sector agropecuario. Esta se basa en el análisis de datos históricos de calidad y cantidad para obtener resultados en modelación de cultivos y predicción climática con el menor grado de incertidumbre posible. Este programa se apoya en el software estadístico de libre acceso R, y en paquetes como Climdex para el control de calidad y cálculo de indicadores de detección de señales de Cambio Climático y Climatol que soporta la homogeneización de las series climatológicas.

7.5. La modelación ambiental al cumplimiento de la PNCC y la Gestión del Riesgo

En Colombia, la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) ha planteado una serie de acciones, a través de la formulación de diferentes estrategias nacionales, por ejemplo la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), el

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y la Estrategia Nacional para la Reducción de las Emisiones Debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal (ENREDD+), el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, con escenarios a 2030 y 2050 de acuerdo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS 2030. En ellos se miden el alcance del cumplimiento en lo relacionado con la reducción de Gases Efecto Invernadero (GEI) y la adaptación frente a los conflictos climáticos. Bajo la estrategia del gobierno, de la formulación de los planes integrales de gestión del cambio climático territoriales y planes integrales de gestión del cambio climático sectoriales con frecuencias de medición de 12 años, se orientarán las medidas del país a la adaptación y mitigación al cambio climático a través de herramientas de planificación tales como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y los Planes de Desarrollo Municipal, entre otros. Esta política pretende que los planes territoriales y sectoriales, sean de referencia y consulta obligatoria de parte de las entidades relacionadas con estos instrumentos. Los instrumentos de planificación territorial y sectorial son los que permiten orientar la gestión del cambio climático del sector privado y público a través del desarrollo de energías e infraestructuras bajas en carbono y resilientes al clima, apoyadas de unas líneas instrumentales para su efectivo cumplimiento (PNCC,2017).

El PNGRD de Colombia por su parte se encuentra comprometido con la reducción significativa del riesgo de desastres y de las pérdidas que estos ocasionan, se destaca que estos están inmersos en la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible concertada por la Asamblea General de la ONU el 25 de septiembre de 2015, dentro de dicha agenda algunos de los 17 objetivos se relacionan directamente con los fenómenos extremos como el No. 11 sobre Ciudades y Comunidades Sostenibles y el No. 13. Acción por el Clima. De esta manera el país encamina sus esfuerzos de adaptación a 2030 en articulación con otras metas globales que apuestan al desarrollo de la resiliencia, entre ellas las del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), y la Convención de Lucha contra la Desertización (UNCCD) y el Marco de Acción de Sendai 2015-2030. (UNGRD, 2016).

Por lo anterior, la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD, 2016) y La Política Nacional de Cambio Climático trabajan en la adaptación al cambio climático con la pretensión de reducir los efectos asociados a la ocurrencia de eventos climáticos y meteorológicos con posibles aumentos en intensidades y frecuencias, que en este capítulo han sido denominados como fenómenos extremos que además pueden verse influenciados o acrecentados por los efectos del calentamiento

global. Se puede entonces indicar que los efectos del Cambio Climático se evidencian en el incremento de la temperatura, en el deshielo de glaciares, en el aumento del nivel del mar, y la alteración de la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos (precipitaciones, sequías, vientos y vórtices entre otros). Es así que la identificación de los servicios ecosistémicos con funciones de regulación en la moderación de fenómenos extremos es esencial en el marco de la Política Nacional y en el cumplimiento de metas de carácter vinculante de tipo internacional como la agenda 2030.

7.6. Estudio de caso: a partir de un sistema de información de datos abiertos para uso de la comunidad científica

A continuación, se presentará el Sistema de Información para el acceso abierto a plataformas de Moderación de Fenómenos Extremos – SimfE, que a partir del uso de elementos encontrados en el estado de arte del presente capítulo proporcionó los elementos necesarios para el diseño, programación e implementación de un sistema de información de datos abiertos para uso de las comunidades científicas como eje articulador de las diferentes plataformas de moderación de fenómenos extremos (Figura 7.17).

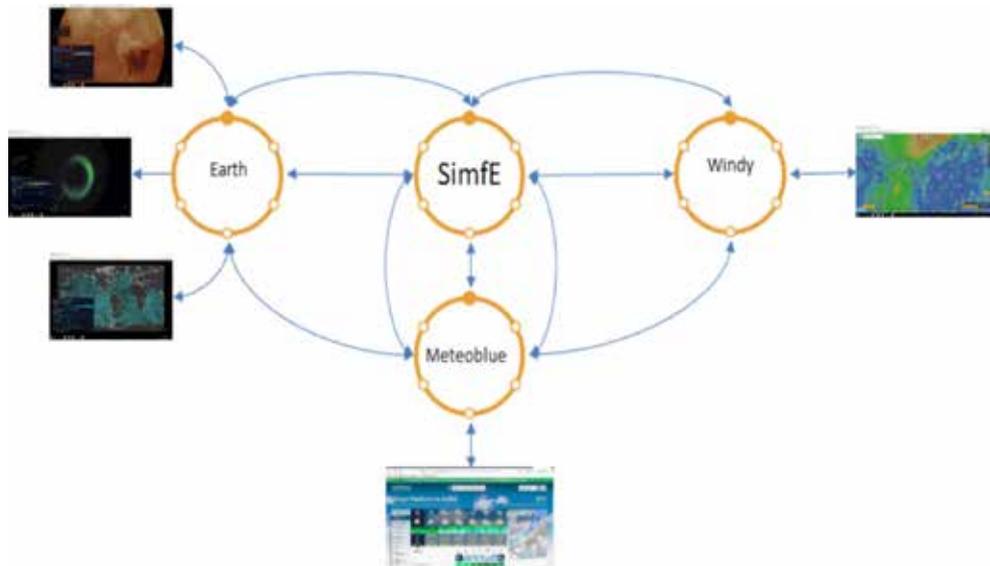


Figura 7.17. Sistema de Información para el Acceso Abierto a Plataformas de Moderación de Fenómenos Extremos.

Adaptado de: "Universidad Nacional Abierta y a Distancia- SimfE" (2018). <http://190.128.117.163/simfe/>. Derechos de autor (2018).

7.7. Evaluación del capítulo

1. ¿Qué es un fenómeno meteorológico extremo, en relación con la definición dada por la IPCC?
2. ¿Cuáles son los principales fenómenos meteorológicos extremos y qué factores en general caracterizan a los mismos?
3. Organismo especializado de las Naciones Unidas en meteorología, hidrología operacional y ciencias geofísicas relacionadas un año después:.....
4. Organismo internacional encargado de evaluar la ciencia relacionada con el cambio climático:.....
5. Dé dos ejemplos de aplicaciones y plataformas virtuales que existen para acceso libre del público al monitoreo de variables meteorológicas de manera virtual, y principales variables de cada uno:
6. ¿Qué es el CAP y cuál es su importancia en la prevención y alerta de fenómenos meteorológicos extremos?

Referencias

- Cheng, A. (2017). *WMO Global Multi-hazard Alert System (GMAS) Contributing to the Effective Delivery of Warnings*. Macau, China: WMO. Recuperado de: https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/CW_4.pdf
- Earth: 2018. *Earth: a global map of wind, weather, and ocean conditions*. Recuperado de: <https://earth.nullschool.net/>
- Emergency Response Activities. (2018). *World Meteorological Organization*. Recuperado de: <https://public.wmo.int/en/programmes/emergency-response-activities>
- ECMWF. (s.f.a). Who we are | European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Recuperado de: <https://www.ecmwf.int/en/about/who-we-are>
- ECMWF. (s.f.b). Copernicus Atmosphere Monitoring Service. Retrieved June 19, 2018, from <https://atmosphere.copernicus.eu/what-copernicus>
- FAO. (s.f.). *Servicios de regulación*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/regulating-services/es/>
- Field, M.C.B., Barros, C.B.,V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.K., Allen, S.K., & Tignor, P.M.M. (2012). *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Buenos Aires, Argentina: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf

- GFCS. (2018). *Wmo.int*. Global Framework for Climate Services. Recuperado de: <http://www.wmo.int/gfcs/>
- Gunderson, (2000). Ecological resilience: In theory and application. *Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 31, 425-439.
- IPCC. (2016). Intergovernmental Panel on Climate Change. Recuperado de: <http://www.ipcc.ch/>
- Lukačovič, I. (2017). About Windy. Windy Community. Recuperado de: <https://community.windy.com/topic/4/about-windy>
- National Geographic. (s.f.) Vocabulary. Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.org/glossary/?term=>
- NOAA. (2018a). *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Recuperado de: <http://www.noaa.gov/about-our-agency>
- NOAA. (2018b). *National Centers for Environmental Prediction. National Weather Service*. Recuperado de: <http://www.emc.ncep.noaa.gov/>
- NOAA/NWS. (2018). *Space Weather Prediction Center*. Recuperado de: <https://www.swpc.noaa.gov/>
- NWS. (2018). National Weather Service. Recuperado de: <https://www.weather.gov/>
- OMM-WMO. (s.f.). *Severe Weather Information Centre*. Organización Meteorológica Mundial. Recuperado de: <http://severe.worldweather.org/>
- Meteoblue. (2018). Products, help and information (2006-2018). Recuperado de: <https://content.meteoblue.com/en/products>
- PNNC. (2017). MINEAMBIENTE, Bogotá D. C., Colombia: Política Nacional de Cambio Climático.
- Sánchez, M. (2016). ¿Cuáles son los fenómenos meteorológicos extremos?. *Meteorología en Red*. Recuperado de: <https://www.meteorologiaenred.com/cuales-son-los-fenomenos-meteorologicos-extremos.html>
- Space Weather Phenomena | NOAA / NWS Space Weather Prediction Center. (2018). Swpc.noaa.gov. Recuperado de: <https://www.swpc.noaa.gov/phenomena>
- UNISDR. (2018). United Nation Office for Disaster Risk Reduction. Recuperado de: <https://www.unisdr.org/>
- UNGRD. (2016). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo: una estrategia de desarrollo 2015-2025*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Recuperado de: <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/756>
- HECHMS. (s.f.). *Hydrologic Engineering Center*. Recuperado de: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>
- Windy. (2017). *Windy as forecasted*. Recuperado de: <https://www.windy.com/?8.222,-77.025,7>
- Windyty. (2014). *Mapa mundial de vientos a tiempo real*. TYS Magazine. Recuperado de: <http://www.tysmagazine.com/windyty-mapa-mundial-de-vientos-tiempo-real/>
- WMO. (2018). World Meteorological Organization. Recuperado de: <https://public.wmo.int/en>