

TECANA AMERICAN UNIVERSITY  
Bachelor of Science in Atmospheric Sciences and Applied Meteorology



INFORME N° 2  
“AS419 Hidrometeorología.”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Angenir Barrios', with stylized loops and flourishes.

Cursante: Angenir Barrios

“Por el presente juro y doy fe que soy el único autor del presente informe y que su contenido es fruto de mi trabajo, experiencia e investigación académica”

Madrid, España – noviembre 30, 2021

## Índice

Introducción y objetivos.....	1
CAPÍTULO I: HIDROMETEOROLOGÍA .....	3
Conceptos básicos.....	3
Sistemas de observación para la medida de la precipitación .....	3
Evaporación .....	5
Caudal y nivel .....	5
Medidas no intrusivas .....	5
Modelo del sistema hidrológico.....	6
Variables de entrada y de salida .....	6
Clasificación de los modelos hidrológicos .....	7
Estima de la precipitación en un área .....	8
Hietograma de diseño .....	9
Relación entre intensidad-duración-frecuencia .....	9
Curvas ARF (Análisis de Frecuencia de Crecidas) .....	9
Hidrograma unitario.....	9
Período de retorno.....	10
Tipos y sistemas de precipitación.....	10
Precipitación convectiva versus estratiforme .....	10
Estima a través del radar (2D, 3D) .....	11
Sistemas convectivos .....	11
Sistemas convectivos mesoescales .....	12
Convección aislada .....	12
Introducción a la modelización hidrometeorológica .....	12
Ecuaciones para los modelos .....	12
Modelos de área limitada.....	13
Modelos Globales .....	13
Modelos de mesoescala .....	13
Horizontes de predicciones .....	14
Introducción a los modelos hidrológicos .....	14
Descripción de la cuenca .....	14
Escorrentía .....	15

MDT.....	15
Usos y tipos de suelo .....	15
Parametrización inicial .....	16
Precipitación .....	16
Encadenamiento de un modelo meteorológico y un modelo hidrológico y propagación de incertidumbres .....	16
<b>CAPÍTULO II: RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS .....</b>	<b>17</b>
Riesgos naturales: introducción general .....	17
Vulnerabilidad .....	17
Peligrosidad .....	17
Impacto .....	17
Exposición .....	17
Resiliencia.....	18
Adaptación .....	18
Mitigación.....	18
Riesgo .....	18
Métodos de estima de riesgo.....	19
Prevención y predicción.....	19
El informe SREX .....	20
AR5 WGII IPCC (Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC) .....	20
UNISDR.....	21
Indicadores de Sendai .....	21
La prevención del riesgo y la alerta temprana en España.....	21
Protección civil .....	22
Servicios meteorológicos .....	22
Organismos de cuenca .....	23
Herramientas necesarias para una diagnosis .....	23
Fuentes de información disponibles en internet .....	23
Altas .....	25
Bajas.....	25
Frentes.....	26
Convergencia y divergencia.....	26
Mapas de superficie .....	26

Mapas de altura.....	26
Advección.....	27
Vorticidad.....	27
Modelos conceptuales mesoescalares.....	27
Anomalía térmica.....	27
Estructuras convectivas.....	27
Análisis termodinámico de situaciones adversas.....	27
Índices de temperatura y humedad.....	28
Inestabilidad y estabilidad de la estratificación.....	28
El clima mediterráneo y los fenómenos meteorológicos adversos característicos.....	29
Inundaciones.....	30
Situaciones meteorológicas tipo causantes de precipitaciones torrenciales en el Mediterráneo.....	31
Diagnóstico de un episodio de inundación (casos de 1982, 1987 y 2000)....	32
Otros riesgos hidrometeorológicos.....	32
Sequias.....	32
Incendios forestales.....	33
Ola de Frío.....	33
Ola de calor.....	33
Nevadas excepcionales.....	33
Tiempo severo: granizo y tormentas eléctricas severas.....	34
Temporales de viento.....	34
Conclusiones.....	34
Bibliografía.....	35

## Índice de cuadros

Clasificación de los modelos hidrológicos.....	6
Modelo de Mesoescala.....	13
Demostración del CAPE en un diagrama termodinámico.....	28

## Introducción y objetivos

Este informe se basa en el estudio de la hidrometeorología en general, de tal forma de dejar sentado cuales son los principales fenómenos tanto meteorológicos como hidrológicos que desarrollan un papel importante tanto en la vulnerabilidad como en los riesgos naturales, capaces de generar desastres con pérdidas materiales y humanas. Para ello es importante conocer el objetivo general que es:

“Análisis de las condiciones hidrometeorológicas como factor contribuyente en la generación de desastres naturales y riesgos para la comunidad en general”

Este tema en general posee los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Comprender los conceptos fundamentales de la hidrometeorología
- ✓ Conocer el ciclo hidrológico y la estructura de los mecanismos que intervienen en los riesgos naturales.
- ✓ Describir los fenómenos meteorológicos e hidrológicos que afectan a la comunidad en general.
- ✓ Determinar la influencia del cambio climático en los riesgos naturales y preparación a la comunidad a adaptarse en la lucha contra las vulnerabilidades.

Aspectos metodológicos.

Para alcanzar estos objetivos en el informe se recurrió a fuentes bibliográficas y webgráficas, así como a la experiencia profesional y laboral del cursante en el área de meteorología..



## CAPÍTULO I: HIDROMETEOROLOGÍA

### Introducción a la hidrometeorología

La hidrología en general es el estudio científico de las aguas de la tierra, comprendiendo desde las propiedades del agua, así como su presencia, ocurrencia, distribución y movimiento sobre el planeta.

### Ciclo hidrológico

También conocido como el ciclo del agua, el cual se describe como el movimiento horizontal y vertical del agua en sus diferentes estados (sólido, líquido y gaseoso), entre la superficie, subsuelo, la atmósfera y los océanos terrestres.

### Conceptos básicos

**Balance hídrico:** es el proceso en el cual se toma en cuenta el caudal entrante, el caudal saliente y la cantidad de agua en almacenamiento para calcular la cantidad de agua y su movimiento en la cuenca hidrográfica.

**Escorrentía:** es la corriente de agua que rebasa su depósito o cause natural o artificial una vez que se vierte. También se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo.

**Evapotranspiración:** cantidad de agua evaporada del suelo y de las plantas cuando el terreno se encuentra con su contenido natural de humedad. También se puede definir la evapotranspiración potencial como Cantidad máxima de agua que puede evaporarse en un clima dado por una cubierta vegetal continua bien dotada de agua. Incluye la evaporación del suelo y la transpiración por la vegetación en un intervalo de tiempo dado y en una región determinada. Se expresa en altura de agua.

### Sistemas de observación para la medida de la precipitación

**Pluviómetros:** El instrumento más frecuentemente utilizado para medir la precipitación líquida es el pluviómetro, es un recipiente de abierto de lados verticales, en forma de cilindro recto, y con un embudo, cuya finalidad principal es medir la lluvia. Se usan varios tamaños, formas de boca y altura del medidor, eso depende del país donde se realiza la medición. Cuando se mide con el peso o volumen, son pluviómetros para medir la precipitación sólida, la boca de este se encuentra en algunas de las alturas establecidas o al mismo nivel del terreno. En este orden de ideas, la boca de los pluviómetros de medición de precipitación sólida debe estar por encima del espesor máximo de la capa de nieve prevista y a una altura que no le afecte las salpicaduras desde el suelo.

**Pluviógrafos:** pluviógrafo de cubeta basculante o de balancín: se utiliza para medir la intensidad de la lluvia y los totales acumulados, sin embargo, no ofrecen la exactitud a causa de los importantes errores no lineales, tal es el caso de las fuertes intensidades de precipitación.



Pluviógrafo de flotador: en este instrumento, la lluvia pasa por una cámara que contiene un flotador, a medida que el nivel de agua aumenta en la cámara, el movimiento del flotador se transmite a través del mecanismo adecuado al registro causado por una plumilla en una banda o a un transductor digital.

Radar: son instrumentos capaces de detectar las precipitaciones y las variaciones del índice de refracción en la atmósfera generadas localmente por las variaciones de la temperatura y humedad. Estos transmiten pulsos electromagnéticos en el rango de frecuencia entre 3 a 10 GHz (longitud de onda de 10 a 3 cm respectivamente), tienen las características apropiadas para la observación y la investigación de la atmósfera. Son diseñados para medir tanto la precipitación como su intensidad y desplazamiento, en ocasiones su tipo. En estos se emplean frecuencias más altas para detectar los hidrometeoros más pequeños, como una nube y gotas de niebla. Con frecuencias más bajas se pueden determinar perfiles de viento y variaciones del índice de refracción del aire claro. Para lograr una resolución eficaz en la que pueda determinar la precipitación se necesitan antenas más sofisticadas. El pulso que se transmite, cuando encuentra un objetivo, devuelve una señal denominada eco, que tiene una amplitud, una fase y una polarización.

Satélites: estos se dividen en satélites geoestacionarios y de órbita polar, se definen de la siguiente manera:

Geoestacionarios: son satélites en órbita que se encuentran sobre el ecuador terrestre, estos giran con la misma velocidad angular que la tierra, por esta razón permanecen inmóviles sobre un determinado punto en el globo terráqueo. Los satélites geoestacionarios pueden proporcionar comunicaciones confiables, alrededor de un 40% de la superficie terrestre, estos satélites poseen una velocidad orbital de aproximadamente 10900 kilómetros por hora.

Doce canales observan en el espectro infrarrojo la radiación terrestre ascendente en las bandas comprendidas entre 3,945 y 14,74  $\mu\text{m}$ . Los canales se dividen de la siguiente manera, dos de ellos son canales-ventana que observan la superficie, siete observan la radiación en las bandas atmosféricas de absorción de dióxido de carbono, y los tres restantes observan la radiación en las bandas de vapor de agua. Dependiendo de la elección de los canales, permite observar la radiación atmosférica en diferentes alturas de la atmósfera. A través de un proceso matemático de inversión se pueden determinar las temperaturas con la relación a la altura en la atmósfera baja y en la estratosfera.

Polares: Este tipo de satélite recibe ese nombre por el tipo de órbita, no gira en la Tierra en sentidos paralelos, sino que lo hacen pasando por los polos. Como la Tierra gira también, los satélites son capaces de hacer un barrido total de la superficie alternando los sentidos N-S y S-N en el mismo día, todo depende de la porción de la órbita en la cual se encuentre el satélite. Las órbitas se producen a una altura comprendida entre los 800 y 1200 Km.

Los sondeos procedentes de satélites no estacionarios en órbita polar se calculan a partir de los datos de un conjunto de tres instrumentos, denominados colectivamente TOVS (sonda vertical operativa TIROS), que comprenden una sonda de infrarrojos de alta resolución (HIRS) de 20 canales, un equipo de sondeo en microondas (MSU) de cuatro canales, y un equipo de sondeo estratosférico (SSU) infrarrojo de tres canales.

#### Evaporación

la tasa de evaporación es definida como la cantidad de agua que se evapora de una unidad de superficie por unidad de tiempo. También se puede expresar como la masa o el volumen de agua líquida que se evapora de esta forma. Se trata principalmente de la altura de agua líquida que vuelve a la atmósfera por unidad de tiempo, la misma es normalmente de día y la cantidad de evaporación se expresa en milímetros.

En estos momentos es imposible medir con exactitud la evaporación y la evapotranspiración de grandes extensiones de naturales de agua y tierra, sin embargo, se han elaborado métodos aceptables basados en cálculos y mediciones puntuales.

Los evaporímetros, en los que se destacan los atmómetros y las cubetas o tanques de evaporación, sirven para medir la pérdida de agua mediante la evaporación en una superficie saturada estándar. Estos instrumentos no permiten medir directamente ni la evaporación de superficies naturales de agua, ni la evapotranspiración real o potencial.

Tanque de evaporación: es un instrumento que se utiliza para determinar la tasa de evaporación en aguas abiertas, generalmente es usado el de clase A, el cual tiene unas dimensiones de 1206 mm de diámetro y una altura interior de 254 mm, con un área de evaporación de 1.15 m<sup>2</sup> y está fabricado en acero inoxidable de alta calidad, para décadas de uso. Se suministra con un micrómetro de evaporación de alta precisión, también con un cilindro para amortiguar el oleaje (pozuelo), rango de medición del micrómetro de evaporación: 100 mm, precisión 0.02 mm. Es importante destacar que se recomienda el uso de un anemómetro de recorrido.

Los evapotranspirómetros (lisímetros) son recipientes que se instalan debajo del suelo y se rellenan de tierra en la que se puedan cultivar vegetales.

#### Caudal y nivel

El caudal es el volumen de agua por unidad de tiempo que circula por un río o corriente de agua, usualmente se mide en m<sup>3</sup>/s, sin embargo, cuando no se tiene ese valor se suele utilizar la altura del agua (nivel) dentro del lecho de un río, la cual se mide en metros.

#### Medidas no intrusivas

Esto se realiza a través de instrumentación de tipo no intrusiva como la LSPIV o el sensor de ultrasonido.

Medida LSPIV: conocer los parámetros de caudal, velocidad y nivel del agua durante un año hidrológico nos ayuda a conocer el comportamiento hidrodinámico del río. Sin embargo, las condiciones geográficas, de comunicación y de transporte no permiten la recogida de datos de forma periódica. Para eso, se desarrolló una metodología de monitoreo remoto no intrusivo basada en la toma de videos periódicos para obtener niveles y velocidades de superficie.

Una estación fija LSPIV (Large Scale Particle Image Velocity) permite la grabación de un video y su subida a internet para su posterior análisis. El procesamiento de los videos se realiza mediante los softwares compatibles. Sin embargo, debido a las condiciones naturales de cada río, los resultados deben calibrarse con mediciones utilizando equipos convencionales (medidores de corriente, ADV y ADCP).

Medida de ultrasonido: generalmente estos equipos se instalan en tuberías, donde se realizan análisis energéticos en circuitos donde no existen instrumentación fija, esta será la mejor manera de realizar medidas fiables de caudal y por tanto de balances. Pueden utilizarse en todos los lugares donde tanto las paredes de las tuberías como el líquido que circula por ellas permitan que se propague el sonido.

Estos son fáciles de instalar, solo se necesita seguir las recomendaciones de cada fabricante.

Estaciones de aforo: es una red que permite conocer la evolución de caudales en puntos singulares de cauces y canales, así como el estado de las reservas en los embalses.

#### Modelo del sistema hidrológico

Es una representación de un sistema real complejo llamado prototipo, bajo forma física o matemática. De manera matemática, el sistema real está representado por una expresión analítica.

En un modelo hidrológico, el sistema físico real que generalmente representamos es la 'cuenca hidrográfica' y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico. De esta manera un modelo matemático nos ayudará a tomar decisiones en materia de hidrología, por lo que es necesario tener conocimiento de entradas (inputs) al sistema y salidas (outputs) a partir del sistema, para verificar si el modelo es representativo del prototipo.

La salida de los modelos hidrológicos varía - dependiendo de las metas y objetivos del modelo. Algunos modelos se utilizan para predecir los totales mensuales de escorrentía, mientras que otros están diseñados para ver a las tormentas individuales. El resultado más común es el hidrograma o hidrograma de escurrimiento.

#### Variables de entrada y de salida

Para elaborar un modelaje, se presentan ciertos elementos que permitan simular lo mejor posible la variable de salida, por esa razón los modelos determinísticos

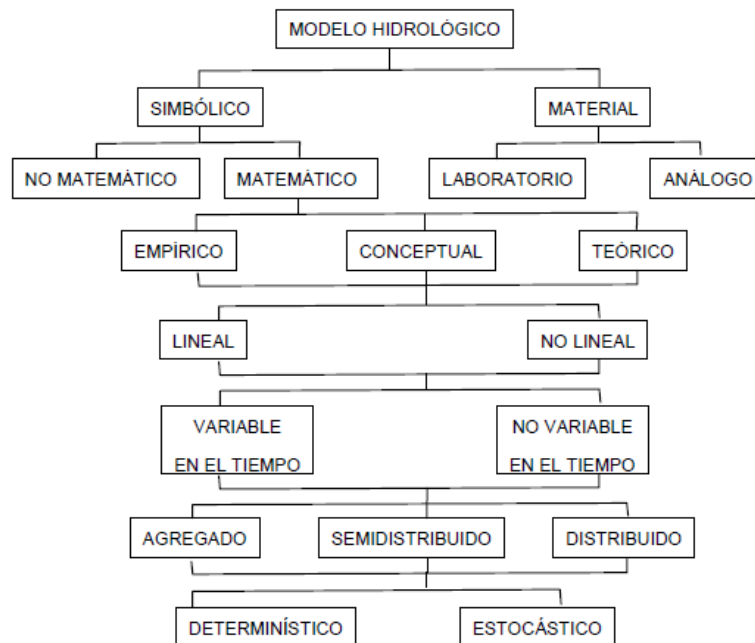
necesitan variables de entrada que representan series espaciotemporales de precipitación, temperatura, etc.

Modelar una cuenca permite establecer una relación entre las variables de entrada, implica introducir parámetros (con significado físico o no) lo cual permita simular lo mejor posible la variable de salida. Ya que estos parámetros son inicialmente desconocidos, se requiere un proceso de calibración para identificar los valores, en todo caso se puede definir la calibración como el proceso por el cual se identifican los valores de los parámetros del modelo para los cuales la serie de datos simulados se ajusta de manera óptima a la serie de datos observados.

Siguiendo este orden de ideas, podemos definir la variable de entrada como al componente inicial del sistema sobre el que se construye el modelo. En este caso, la precipitación es la variable de entrada a considerar.

La variable de salida es la componente final considerada en el modelado, el caudal en un modelo hidrológico.

Clasificación de los modelos hidrológicos



Clasificación de los modelos hidrológicos.

Fuente: Adaptado de Singh (1988), referido en Xu (2002)

Modelos determinísticos: no consideran aleatoriedad: en la formulación matemática una entrada dada produce siempre una misma salida.

Modelos estocásticos: tiene salidas que son, por lo menos, parcialmente aleatorias y se usa cuando esta variación es grande.

Modelos lineales y modelos no lineales: un modelo se puede organizar en términos de ecuaciones y procesos lineales y procesos no lineales. Un ejemplo

típico de un modelo lineal es el Hidrograma Unitario en el que la simplificación de los procesos se realiza por medio de una secuencia lineal entre las entradas, los procesos intermedios y las salidas. Por el contrario, cuando se intenta abordar la mayor complejidad de los procesos físico-hidrológicos se recurre a modelos no lineales.

Estima de la precipitación en un área

Los métodos para estimar las precipitaciones medias por áreas (M.E.P.M.A.) más utilizados son la Media Aritmética, los Polígonos de Thiessen, las Isoyetas e Inverso de la Distancia al Cuadrado.

Se dará una breve explicación de cada uno:

La Media Aritmética (MA) consiste en calcular el promedio de los datos pluviométricos puntuales de estaciones ubicadas en un área geográfica determinada. La principal carencia del método es no considerar características anexas que pueden influir en las precipitaciones, como podría ser la presencia de cordones montañosos, cercanía a océanos, condiciones atmosféricas predominantes u otras.

Los Polígonos de Thiessen (Th) no presentan mayores complicaciones en su aplicación. Además de la información pluviométrica, requiere para su ejecución sólo de la ubicación espacial de las estaciones. No requiere de una inversión excesiva de tiempo, ni de materiales. A cada estación se le asigna una superficie, la cual es obtenida representando las estaciones en un plano y uniéndolas a través de rectas. A estas rectas posteriormente se les trazan sus mediatrices hasta que se interceptan entre sí.

El Método de las Isoyetas (Iso) presenta más laboriosidad, tanto en tiempo como en recursos materiales. Para su ejecución es necesario disponer, además de las mediciones de precipitación en los períodos de interés y de las ubicaciones de los puntos de observación, de las precipitaciones normales de cada estación, del material cartográfico correspondiente y de un conocimiento espacial y atmosférico lo más detallado posible de las áreas consideradas. Al incorporar factores de la zona y de las precipitaciones, debería ser el mejor de los cinco métodos, pero a la vez tiene un alto grado de subjetividad dado por la experiencia y acceso a la información que posea el técnico encargado de la construcción de estas curvas.

Inverso de la Distancia al Cuadrado (IDC) su importancia radica en la fácil aplicación en un S.I.G. El método IDC sería similar a MA, pero con el agregado de una ponderación por distancia. Dicha ponderación, al tener un factor cuadrático, recibe una influencia bastante fuerte del monto pluvial de las estaciones más cercanas y al considerar una serie o variedad de puntos de estimación puede formar agrupaciones concéntricas de los montos estimados en torno a las estaciones. Este método divide la cuenca o área de estudio en celdas, considerando que la precipitación dentro de una celda sin medida es una función

de la precipitación de las celdas próximas que poseen medidas y del inverso de la distancia que las separa, elevada al cuadrado.

Estima de la precipitación por radar: Las primeras detecciones de ecos provenientes de precipitaciones se hacen en Inglaterra en 1940. Para ese entonces son definidas como un ruido indeseable en la señal. “Radar echoes from atmospheric phenomena” (Bent, 1943) es la primera publicación que hace referencia a la detección de lluvia con el radar. Posteriormente, a partir de “Measurement of rainfall by radar” (Marshall, et al., 1947) y “The distribution of raindrops with size” (Marshall & Palmer, 1948) se deduce la ecuación más conocida y usada a nivel mundial para transformar los ecos del radar en precipitación.  $Z=aR^b$ . Donde  $a = 1,6$  y  $b = 200$  son parámetros de la ecuación,  $Z$  es la reflectividad (generalmente proveniente de un CAPPI a baja altitud) y  $R$  es la intensidad de precipitación (mm/h). Entre sus conclusiones importantes destacan que puede ser posible determinar con suficiente exactitud la intensidad de la lluvia en un punto distante mediante el eco del radar. Además, afirman que siempre existe un retardo entre la medición del radar en la altura y su llegada a tierra; argumentan que a 2.000 metros las gotas de agua tardan 6 minutos y pueden tener un desplazamiento horizontal de 3 a 9 Km.

#### Hietograma de diseño

Es el gráfico que relaciona la precipitación (en mm) o la intensidad (en mm/hora) de la lluvia contra el intervalo de tiempo. Se define la intensidad como la variación de la precipitación con el tiempo.

#### Relación entre intensidad-duración-frecuencia

La Curva Intensidad Duración Frecuencia, representa la intensidad ( $I$ ) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración ( $D$ ) determinada que usualmente puede ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se estima tiene una probabilidad de ocurrencia, o frecuencia ( $F$ ) expresada en años, lo que también se conoce como periodo de retorno.

#### Curvas ARF (Análisis de Frecuencia de Crecidas)

Es aquella que emplea datos históricos de caudal para estimar la frecuencia de las crecidas de determinada magnitud y predecir la posible magnitud de una crecida durante un determinado período.

#### Hidrograma unitario

Un hidrograma unitario es un hidrograma ( $Q = f(t)$ ) resultante de un escurrimiento correspondiente a un volumen unitario (1 cm, mm, plg,... de lluvia por la cuenca) proveniente de una lluvia con una determinada duración y determinadas características de distribución en la cuenca hidrográfica. Se admite que los hidrogramas de otras lluvias de duración y distribución semejantes presentarán el mismo tiempo de base, y con ordenadas de caudales proporcionales al volumen de fluido.

### Período de retorno

El Periodo de Retorno de cualquier evento extremo (lluvias torrenciales, temperaturas extremas, huracanes, etc.), se define como el lapso o número de años que, en promedio, se cree que será igualado o excedido, es decir, es la frecuencia con la que se presenta un evento (Méllice y Reason, 2007). El grado de magnitud de un fenómeno extremo está relacionado de forma inversa con su frecuencia de ocurrencia, las precipitaciones muy intensas ocurren con una frecuencia menor que las moderadas o débiles.

### Tipos y sistemas de precipitación

#### Precipitación convectiva versus estratiforme

En este tema es indispensable saber Z (el factor de reflectividad), donde su fórmula es:

$$Z = \int N(D) D^6 dD$$

Donde,

Z= factor de reflectividad

D= diámetro de la gota

N(D)= número de gotas de un diámetro dado por metro cúbico

La diferencia principal es en las propiedades de distribución del tamaño de las gotas en la línea de turbonada que atraviesa la región donde reflejen el patrón de un evento de lluvia convectiva. Sin embargo, la precipitación estratiforme cercana reflejará una distribución de gotas diferente y, por tanto, debería asociarse con una relación Z-R distinta que el área convectiva. Conforme el sistema de precipitaciones avanza, la relación Z-R empleada en un lugar dado debería cambiar con el tiempo.

### Estima del tipo de precipitación a través de pluviómetros de intensidad

Con respecto a la estima con pluviómetros, es importante destacar que estos pueden proporcionar excelente información si están bien mantenidos, se hallan en una posición óptima y el viento es débil, también generan estimaciones puntuales y no brindan necesariamente una buena resolución espacial.

El viento causa es un factor importante en la capacidad de captación del pluviómetro y puede provocar errores de subestimación que aumentan cuando el viento es fuerte, cuando el pluviómetro esta expuesto a la acción del viento y cuando se trata de captar copos de nieve y gotas líquidas pequeñas. El ángulo de caída inducido por el viento reduce la superficie efectiva de captación del pluviómetro. La turbulencia puede inducir un movimiento descendente que contrarresta parcialmente el problema del ángulo de caída.

Cuando exista una buena cobertura de radar, la incertidumbre en la exactitud de los pluviómetros puede superar al radar, especialmente en condiciones de vientos fuertes.

Estima a través del radar (2D, 3D)

La reflectividad radar (Z), que se expresa en unidades dBZ, se usa para calcular la intensidad de lluvia (R) en mm/h mediante la relación Z-R, que correlaciona la reflectividad con la intensidad de lluvia. En la imagen los valores de intensidad de lluvia se integran en el tiempo para producir las lluvias acumuladas a distintos intervalos de tiempo.

La relación entre la reflectividad y la intensidad de lluvia —es decir, la relación Z-R— varía con el tiempo, el lugar y la estación. Entre las propiedades de los hidrometeoros que influyen en la relación Z-R cabe mencionar su tamaño, su concentración y su fase. La exactitud de la intensidad de lluvia derivada también se ve afectada por la presencia de objetos que no son hidrometeoros y la medida en que la muestra del radar abarca una región representativa de las precipitaciones que alcanzan la superficie.

La forma de los hidrometeoros, que está relacionada con su tamaño y su fase, es también información importante para entender la relación entre la reflectividad y la intensidad de la precipitación. Las gotas líquidas grandes son más achatadas que las gotitas. Con el radar de polarización horizontal, como el WSR88-D, un mayor diámetro horizontal refleja más energía de vuelta al instrumento. Esto exagera las estimaciones de intensidad de lluvia.

Sistemas convectivos

Etapas de una tormenta unicelular

Es el tipo de tormenta más simple y pasa por un ciclo de vida de aproximadamente 1 hora, que incluye tres estados: cúmulo, madurez y disipación. El estado maduro se alcanza cuando hay mayor precipitación; durante el de disipación, como su nombre lo indica, las precipitaciones disminuyen hasta cesar. Una cualidad singular de las tormentas eléctricas es justamente su actividad eléctrica. El estudio de su electricidad incluye no solo el fenómeno de los rayos sino también todas las complejidades de la separación de cargas de la tormenta y toda la distribución de cargas dentro del área de influencia.

Tormenta multicelular

Estas se desarrollan con la formación de células nuevas a lo largo del frente de racha de una célula existente, al tiempo que las células viejas alcanzan la etapa de madurez y se disipan. Cuando hay cizalladura vertical del viento, los flujos de salida de un grupo de células aisladas de breve duración pueden combinarse para formar un único frente de racha extenso. Esto produce convergencia en la dirección de movimiento de la tormenta y lleva a la formación de células nuevas a lo largo y justo detrás del frente de racha. En determinado momento, la corriente ascendente se separa de la corriente descendente. El resultado de este proceso de evolución es que las tormentas multicelulares pueden durar varias horas.

Tormenta supercelular



Estas son normalmente duraderas, intensas, relativamente grandes y, a menudo, tormentas convectivas con movimiento anómalo que produce una cantidad desproporcionada de tiempo convectivo severo.

Las supercélulas presentan una rotación profunda tanto dentro como en las cercanías de la corriente ascendente de la tormenta, conocida como mesociclón. Para que la rotación dentro de la tormenta convectiva se pueda catalogar como un mesociclón, el vórtice, en general, debe cumplir lo siguiente:

- ✓ Tener un tamaño a escala de tormenta (de 2 a 10 km de diámetro),
- ✓ Tener una profundidad vertical razonable (~3 km),
- ✓ Tener suficiente duración (dos o más barridos sucesivos),
- ✓ Presentar algún criterio mínimo de fortaleza (velocidad rotacional de ~15 m s<sup>-1</sup> o vorticidad vertical de ~10-2 s<sup>-1</sup>).

Clasificación a partir de las estructuras radar 2D

Sistemas convectivos mesoescalares

Los Sistemas Convectivos de Mesoescala, SCM, son unas estructuras atmosféricas potencialmente generadores de tiempo adverso y severo en superficie que pueden afectar a grandes extensiones de territorio, con ciclos de vida que van más allá de una simple tormenta, pudiendo persistir más de 24 horas. Además, son una de las estructuras más grandes en extensión que se pueden dar dentro de los fenómenos categorizados como de Mesoescala.

Convección aislada

La estructura y la evolución de la convección aislada dependen del régimen de empuje hidrostático y de cizalladura (o cortante) vertical del viento en el cual ocurren; de forma análoga, las propiedades de los Sistemas convectivos mesoescalares dependen de las características de los perfiles de empuje hidrostático y cizalladura.

Introducción a la modelización hidrometeorológica

Introducción a los modelos meteorológicos y climáticos

Para poder hacer predicciones en la meteorología y conocer el tiempo futuro se emplean los modelos meteorológicos. Estos modelos se basan principalmente en un programa informático que es capaz de procesar la información meteorológica correspondiente o momento en concreto. Este momento siempre se intenta que sea en el futuro próximo y se establece para determinados puntos del planeta y a ciertas altitudes. No se puede garantizar que los modelos meteorológicos puedan predecir con total certeza cuál es el tiempo que hará en los próximos días. De hecho, no se garantiza una exactitud adecuada a partir de los 4 días de predicción.

Ecuaciones para los modelos

Las ecuaciones utilizadas en los procesos atmosféricos son ecuaciones diferenciales no lineales y, por tanto, no tienen solución analítica (digamos que no

pueden solucionarse con exactitud) y han de ser aproximadas mediante simulaciones de ordenador (métodos numéricos).

En este orden de ideas, las simulaciones numéricas se han convertido en una herramienta fundamental que acompaña a la teoría y a la experimentación. Para que las predicciones que nos brindan estos modelos sean útiles, es necesario que estén disponibles poco tiempo después de haber recibido las observaciones, por lo que se requieren grandes sistemas de computación.

### Rejillas

Partiendo de que los modelos resuelven las ecuaciones dinámicas con que describimos la atmósfera discretizando el espacio y el tiempo. Por un lado (espacio), se divide la atmósfera en pequeñas partes, por ejemplo, trazando una malla imaginaria 3D que cubre el planeta, con un cierto tamaño de celdilla, tanto en la horizontal como en la vertical. En cada celda (o punto de malla) se simplifica la atmósfera describiéndola con un sólo valor para cada una de las variables atmosféricas utilizadas, en un caso muy sencillo presión, temperatura, humedad y dos componentes del viento. Todos los procesos atmosféricos que tienen lugar dentro de esa celda quedan reducidos a cinco números.

### Modelos de área limitada

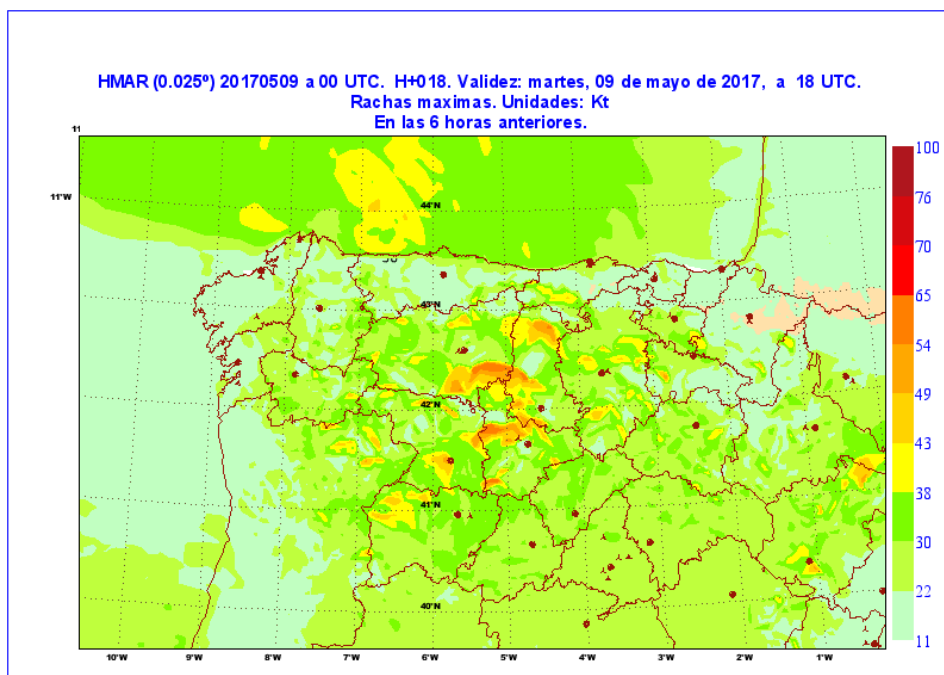
Son aquellos que se ejecutan en un conjunto de cubos que disponen de lados tanto horizontales (laterales) como verticales (superiores e inferiores).

### Modelos Globales

Son aquellos modelos que cubren toda la tierra, sólo tienen límites verticales. Uno de ellos es un contorno artificial: cada modelo trabaja con sus propios criterios para definir el límite superior de la atmósfera que incluso puede variar de una simulación a otra, efectuando los cambios a través de la función de la coordenada vertical.

### Modelos de mesoescala

A esta escala inferior se presentan estructuras y fenómenos de menor dimensión que a escala sinóptica. En numerosos casos vienen condicionados por las características orográficas, como por ejemplo las zonas montañosas que realzan la precipitación, las llanuras interiores y sus habituales nieblas de irradiación invernales, las zonas costeras con las nieblas de advección y las brisas, etc.



Modelo de Mesoescala, fuente AEMET

#### Horizontes de predicciones

Según Wikipedia, *“es el límite práctico y válido para alguna predicción. En los sistemas complejos con gran cantidad de variables que cambian de forma compleja y errática, es imposible predecir su comportamiento más allá de un punto determinado; este punto es conocido como horizonte de predicción. Más allá de este punto los resultados son inexactos”*.

Es decir, una vez que se tengan los datos de algún pronóstico, entre más alejado de los datos actuales, más difícil será la predicción, hasta llegar un punto que la predicción sea errónea.

#### Introducción a los modelos hidrológicos

Los modelos hidrológicos son herramientas muy útiles para la comprensión del funcionamiento de una cuenca de drenaje, siendo una consecuencia lógica en el intento por conocer los procesos de conversión de la precipitación en escorrentía y, también, de la capacidad del agua para transportar sustancias. Los modelos de última generación se definen por ser “integradores”, entendiendo esto como un enfoque del modelado con el que se pretende incorporar información diversa y con el mayor detalle de representación del medio que se modela.

#### Descripción de la cuenca

Desde un punto funcional, una cuenca de drenaje puede ser considerada como un sistema hidrológico. En esta conceptualización, las condiciones de límite del sistema están dibujadas alrededor de la cuenca: estos límites se establecen al considerar la cuenca como un elemento aislado de manera que sus divisorias se extienden verticalmente, hacia arriba y hacia abajo, mediante la proyección de la divisoria de aguas entre cuencas, y por medio de planos horizontales en sus

límites superior e inferior la precipitación incidente es la entrada al sistema, y queda definida como la distribuida en el plano superior del espacio de la cuenca; el caudal es la salida, y es el resultante de la interacción de los distintos planos dentro de los límites de la cuenca: el flujo que se concentró en el espacio del sistema hidrológico y se cuantifica a la salida de la cuenca. La evaporación y el flujo subsuperficial también son salidas, pero si no intervienen como componentes que contribuyen al caudal modelado, se consideran pérdidas que escapan de los límites de la cuenca.

#### Escorrentía

La aproximación a la descripción de las características de los modelos de flujo (escorrentía), los modelos hidrológicos más convencionales, se ha dividido en tres apartados con los que se cubre los aspectos técnicos y de modelado, la enumeración de ejemplos con trabajos realizados con modelos hidrológicos y la descripción de algunos modelos extensamente divulgados. Los modelos a los que se hará referencia son los de naturaleza semidistribuida y distribuida, los de mayor potencial y desarrollo actual.

Sin embargo, la escorrentía es un proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial. La escorrentía es uno de los procesos básicos que se incluye en el ciclo del agua.

#### MDT

Un Modelo Digital de Terreno (MDT) es una representación de las elevaciones de un territorio. Cada celda (píxel) de este MDT contiene un valor de altura. Según el medio de generación de esta superficie y el tamaño definido para las celdas, la altura asignada a la celda está más o menos cerca de la realidad exacta.

Si se desea usar el MDT para una representación 3D del territorio (con ArcScene, por ejemplo), se puede usar tal como está y sin precauciones especiales. Por otro lado, si desea modelar el flujo de agua en la superficie de este territorio, lo primero que debe hacer, y lo más importante, es corregirlo y adaptarlo a este objetivo.

#### Usos y tipos de suelo

Los suelos se dividen en A, B, C y D, donde el tipo A tiene una alta capacidad de infiltración y el D posee una baja capacidad de infiltración, es decir: que produce escorrentía de manera fácil.

- ✓ Grupo A.- Suelos con bajo potencial de escurrimiento debido a su gran permeabilidad y con elevada capacidad de infiltración, aun cuando están húmedos, son suelos profundos y con texturas gruesas.
- ✓ Grupo B.- Suelos con moderada capacidad de infiltración cuando están saturados, son aquellos de mediana a alta profundidad, con buen drenaje. Sus texturas van de moderadamente finas a moderadamente gruesas.
- ✓ Grupo C.- Suelos con escasa capacidad de infiltración cuando están saturados. Su textura va de moderadamente fina a fina. También se

incluyen aquí suelos que presentan horizontes someros bastante impermeables.

- ✓ Grupo D.- Suelos muy arcillosos con elevado potencial de escurrimiento y, por tanto, con muy baja capacidad de infiltración cuando están saturados. Son aquellos que presentan una capa de arcilla somera y muy impermeable, así como suelos jóvenes de escaso espesor sobre roca impermeable, ciertos suelos salinos y suelos con nivel freático alto.

#### Parametrización inicial

El proceso de modelado está sujeto también al seguimiento de una serie de pasos que van desde la misma elección del modelo que se considera idóneo para abordar los análisis hidrológicos hasta la evaluación de este como herramienta útil y que permita sucesivas simulaciones de acuerdo con las valoraciones realizadas en los pasos intermediados existentes entre la selección inicial y evaluación final del modelo. Estas distintas fases constituyen un protocolo de modelado, las cuales pueden resumirse como:

- ✓ Identificación del modelo
- ✓ Introducción de datos al modelo
- ✓ Calibración
- ✓ Validación
- ✓ Uso generalizado del modelo

#### Precipitación

En la estructura del modelo se distinguen como componente principal. La precipitación junto a la evapotranspiración se consideran los elementos de mayores dimensiones en el ajuste del balance hídrico que realiza. El cálculo de la evapotranspiración actual está basado en el consumo de la vegetación, para lo que también se utilizan parámetros de interceptación, de suelos, de agua almacenada en superficie, de la zona de raíces y las transmisiones hídricas como agua superficial.

#### Encadenamiento de un modelo meteorológico y un modelo hidrológico y propagación de incertidumbres

Para el proceso de modelado es importante el encadenamiento de los modelos atmosféricos, hidrológicos e hidrodinámicos, con el fin de simular de manera escalonada tanto la precipitación, la relación lluvia escurrimiento y modelación de los flujos de eventos extremos. Esta modelación de forma escalonada permitirá la evaluación de la incertidumbre y sus efectos en la predicción final. En este sentido, la cadena de modelación se fundamenta en el reconocimiento de la incertidumbre en el marco de trabajo, de tal manera que considera su cuantificación en todo el desarrollo del trabajo.

## CAPÍTULO II: RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS

### Riesgos naturales: introducción general

#### Vulnerabilidad

La vulnerabilidad hace referencia al impacto de los fenómenos meteorológicos sobre la sociedad, y es precisamente el incremento de la vulnerabilidad el que ha llevado a un mayor aumento de los riesgos naturales. La vulnerabilidad abarca desde el uso del territorio donde existe exposición al riesgo, hasta la estructura de las construcciones y mecanismos de alarma y aviso que pueda presentar pérdidas materiales, y depende fuertemente de la capacidad de respuesta de la población frente al riesgo en la cual se pueda reponer posterior a un evento.

#### Peligrosidad

Una forma usual de calcular el riesgo y de generar mapas de riesgo, es considerarlo como el producto de la peligrosidad por la vulnerabilidad. La primera es conocida en inglés como “hazard” y en francés como “aléa”, y hace referencia a la probabilidad de que un determinado fenómeno natural, de una cierta extensión, intensidad y duración, con consecuencias negativas, se produzca. Según el tipo de fenómeno, el hombre puede influir en esta probabilidad (por ejemplo, las actuaciones en las cuencas hidrográficas alteran el peligro de inundaciones).

#### Impacto

Los daños producidos por los riesgos naturales pueden ser directos (personas, bienes, infraestructuras, patrimonio cultural) e indirectos (interrupción de obras, disminución del turismo). La estimación de impactos y la evaluación económica de los riesgos naturales es un tema harto complejo derivado tanto de las diferencias de criterios, como de los múltiples factores que intervienen, como de la verosimilitud de la información disponible. En esencia, los riesgos con mayor impacto económico en el mundo son los hidrometeorológicos, sobre todo por los daños producidos en los considerados países desarrollados. Por el contrario, en los países menos desarrollados es donde se registra el mayor número de víctimas, calculándose que un 98% de los muertos por desastres naturales en el mundo, en término medio, se hallan en estos países. Por ejemplo, en España el riesgo más importante son las inundaciones. Así, entre 1971 y 2002, éstas representaron para el Consorcio de Compensación de Seguros, más de un 75% de las compensaciones efectuadas, y entre 1995 y 2004, fueron responsables de un 31% de las víctimas mortales producidas por riesgos naturales.

#### Exposición

Se entiende como la presencia del hombre con distintas densidades demográficas e infraestructuras y actividades en un lugar donde pueda darse uno de los eventos

meteorológicos adversos. Por ejemplo, en la Península de Kamchatka hay terribles terremotos y erupciones volcánicas, pero, como apenas vive gente, no hay exposición y, por lo tanto, no hay riesgo para los hombres ni para sus actividades. Lo mismo sucede con nuestros ríos secos y barrancos, si nosotros no nos metiéramos en medio, las esporádicas inundaciones no supondrían ningún problema.

### Resiliencia

la capacidad de recuperación o resiliencia se entiende como la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad para resistir, adaptarse, absorber y recuperarse de los efectos de un desastre, de forma oportuna y eficaz (UNISDR, 2009). Va más allá, por tanto, de la propia recuperación inmediata, estando incluidas aquí las compensaciones por daños (seguros) y los decretos o medidas extraordinarias enfocadas a la ayuda para la recuperación de las zonas afectadas, tales como el establecimiento de beneficios fiscales.

### Adaptación

A lo largo de la historia, los seres humanos se han adaptado al clima de los lugares donde viven (Burton et al., 2006); la gestión del riesgo y la adaptación al medio ambiente, han sido en muchos casos la base de la evolución de la sociedad (Lavell et al., 2004). Sin embargo, se requiere que diferentes comunidades políticas y científicas aborden conjuntamente el desafío sin precedentes de responder a un cambio acelerado del clima y otros desafíos mundiales, como la gestión integrada del agua, la seguridad alimentaria, el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (IISD et al., 2003), y el manejo sostenible de los recursos naturales, ante los acelerados procesos de la globalización, el desarrollo económico, crecimiento poblacional y urbanización, entre otros.

### Mitigación

La mitigación es todo lo que hacemos para asegurarnos de que no suceda un desastre o, si sucede, que no nos perjudique tanto como podría. La mayoría de los fenómenos naturales no pueden impedirse; pero sí podemos reducir los daños que causa por ejemplo un sismo, si construimos casas más resistentes y en lugares donde el suelo sea sólido.

La mitigación comienza por:

- ✓ Conocer cuáles son las amenazas y los riesgos a los que estamos expuestos en nuestra comunidad.
- ✓ Reunirnos con nuestra familia y vecinos para hacer planes de reducción de amenazas y riesgos o para evitar que nos hagan daño.
- ✓ Realizar lo que planeamos para reducir nuestra vulnerabilidad. No es suficiente hablar sobre el asunto, hay que tomar acciones.

### Riesgo

El estudio de los riesgos naturales requiere conocer previamente algunos conceptos básicos sobre los riesgos. En primer lugar, cabe decir que la expresión

“riesgo natural” se utiliza por contraposición a riesgo tecnológico, pero no implica que el riesgo sea consecuencia de un fenómeno exclusivamente natural o que el ser humano no intervenga o pueda intervenir en su desencadenamiento o mitigación. Así, el transporte de mercancías peligrosas o la fuga de gases tóxicos en un complejo petroquímico forman parte del elenco de los riesgos tecnológicos, en tanto que las inundaciones o los incendios forestales, pasarían a considerarse dentro de los riesgos naturales.

#### Métodos de estima de riesgo

Los principales métodos para emplear son los siguientes:

- ✓ Análisis bibliográfico o documental: Consulta y análisis de bibliografía especializada, garantizando el conocimiento de los antecedentes y estado actual de la temática e identificando información que puede ser útil al trabajo que se va a desarrollar. Recopilar la información relacionada con las zonas que históricamente se han inundado en el territorio bajo estudio, con la delimitación cartográfica del límite histórico de inundación.
- ✓ Trabajos de gabinete: La información recopilada (cartográfica, numérica y literal) se analiza y se discute con un grupo de trabajo y expertos del territorio, la composición (multidisciplinaria y multisectorial) de este equipo es fundamental en el análisis de la información de entrada que se utilizará en el análisis, así como en sus resultados y las recomendaciones. El peligro se calculará a partir del análisis multicriterio. La vulnerabilidad se calculará por matrices a través de hojas de cálculo programadas.
- ✓ Trabajos de campo: Se deben realizar verificaciones de campo o validación de los resultados.

#### Prevención y predicción

La prevención contempla todas las medidas realizadas con anticipación a fin disminuir o evitar los daños producidos como consecuencia del desencadenante del riesgo en cuestión. Se trata de medidas realizadas a largo plazo en función de los riesgos dominantes y que pueden ser de carácter estructural o no estructural. Asimismo, han evolucionado desde las sociedades primitivas y preindustriales hasta nuestros días.

La predicción hace referencia a la anticipación del fenómeno con mayor o menor antelación, lo cual dependerá del tipo de fenómeno. La predicción está limitada no solamente por el conocimiento de los factores que intervienen en la manifestación del propio riesgo, sino también por las limitaciones de las técnicas de predicción. El llamado “early warning” o sistema de alerta temprana, hace referencia al “conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por una amenaza se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños” (UNISDR, 2009).

#### Clasificación de riesgos naturales



Los riesgos naturales se clasifican a su vez en función del sistema natural en el que se producen, dando lugar a la siguiente clasificación:

- ✓ Riesgos extraterrestres: como variaciones en las tasas de radiación solar, tormentas solares, viento solar, e impactos meteoritos.
- ✓ Riesgos atmosféricos: que comprenden los riesgos meteorológicos (heladas, olas de calor, granizadas, ozono troposférico...) y climáticos (variación del cambio climático).
- ✓ Riesgos hidrológicos: por exceso de agua (inundaciones) o déficit de esta (sequías).
- ✓ Riesgos geológicos: tanto de origen interno en la Tierra (endógenos), o externo en su superficie (exógenos).
- ✓ Riesgos biológicos: que comprenden plagas, epidemias, e incendios forestales, entre otros.

Impacto de los riesgos naturales en el mundo

El informe SREX

El Informe Especial sobre Gestión de Riesgos de Eventos Extremos y Desastres para Mejorar la Adaptación al Cambio Climático (SREX) fue encargado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en respuesta a la necesidad de proporcionar una asesoría específica sobre el cambio climático y los eventos meteorológicos y climáticos extremos ('extremos climáticos'). El SREX fue elaborado durante los últimos dos años y medio, con la participación de 220 autores expertos/as, 19 editores revisores/as y tomando en cuenta casi 19,000 comentarios. Es producto de tres rigurosos procesos de redacción, con revisión por parte de expertos/as y funcionarios/as gubernamentales. Los resultados fueron aprobados por los gobiernos del mundo después de una reunión de cuatro días, en la que se acordó el resumen para responsables de Políticas. De esta manera, constituye la mejor evaluación científica disponible sobre el tema a la fecha, y describe las medidas inmediatas y a largo plazo que se requieren para gestionar los riesgos que enfrentamos. Comprende un resumen de políticas lanzado en noviembre de 2011 y el informe completo publicado en marzo de 2012

AR5 WGII IPCC (Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC)

Esta evaluación exhaustiva de los aspectos físicos del cambio climático se centra en aquellos elementos pertinentes para comprender el pasado, documentar el presente y proyectar el cambio climático futuro. Esta evaluación se basa en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC y en el reciente Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático (SREX), y se presenta en 14 capítulos y 3 anexos. En los capítulos se abordan observaciones directas e indirectas de los cambios registrados en todos los componentes del sistema climático; se evalúan los conocimientos actuales de los diferentes procesos de los componentes del sistema climático, y las interacciones entre los mismos, que determinan la sensibilidad y respuesta del sistema a los cambios en el

forzamiento; y se cuantifica la relación entre los cambios en los componentes de la atmósfera y, por lo tanto, en el forzamiento radiativo, y la consiguiente detección y atribución del cambio climático. Las proyecciones de los cambios en todos los componentes del sistema climático se basan en simulaciones de modelos asociados a un nuevo conjunto de escenarios. En un capítulo específico, el Informe proporciona también una evaluación exhaustiva del cambio pasado y futuro del nivel del mar. Se presenta información sobre el cambio climático a nivel regional en forma de Atlas de las proyecciones climáticas mundiales y regionales.

#### UNISDR

La Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR por sus siglas en inglés) se creó en diciembre de 1999. Sucedió a la secretaría de la Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales. La UNISDR se estableció para asegurar la aplicación de la Estrategia Internacional para Reducción de Desastres (resolución 54/219 de la Asamblea General).

La UNISDR es parte de la Secretaría General de Naciones Unidas y sus funciones abarcan los campos social, económico, medioambiental y humanitario. La UNISDR apoya la aplicación, seguimiento y revisión del Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres, adoptado por la Tercera Conferencia Mundial sobre Reducción de Riesgo de Desastres celebrada el 18 de marzo de 2015 en Sendai, Japón. El Marco de Sendai es un acuerdo voluntario de 15 años, no vinculante, que desarrolla un planteamiento amplio, y centrado en las personas, de reducción del riesgo de desastres. El Marco de Sendai sucedió al Marco de Hyogo para la Acción (2005-2015).

#### Indicadores de Sendai

En la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres celebrada en marzo de 2015 en Sendai, Japón, se adoptó el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

El marco de Sendai para los quince años se enfoca en prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes a través de medidas integradas e inclusivas de índole económica, estructural, jurídica, social, sanitaria, cultural, educativa, ambiental, tecnológica, política e institucional. Se promueven las acciones que prevengan y reduzcan el grado de exposición a las amenazas y la vulnerabilidad a los desastres, aumenten la preparación para la respuesta y la recuperación y refuercen de ese modo la resiliencia (UNISDR 2015).

#### La prevención del riesgo y la alerta temprana en España Legislación

Promover la adaptación al cambio climático, la prevención de riesgo y la resiliencia frente a las catástrofes, de acuerdo con el Reglamento [COM (2018) 375 final] de Disposiciones Comunes relativas a los fondos FEDER, FSE+, FC y

FEMP. A continuación, se recoge una traducción (no oficial) del texto de dicha condición habilitante: Hay un plan gestión del riesgo de catástrofes a nivel nacional o regional, coherente con las estrategias existentes de adaptación al cambio climático, que incluye:

1. una descripción de los riesgos evaluados en ámbitos clave con arreglo a lo dispuesto en el artículo 6, letra a), de la Decisión n.º 1313/2013/UE, que recoja las amenazas actuales y a largo plazo (25-35 años). La evaluación se basará, en el caso de los riesgos relacionados con el clima, en las proyecciones y escenarios sobre el cambio climático;
2. Una descripción de las medidas de prevención de catástrofes y de preparación y respuesta ante los mismos, para abordar los riesgos identificados en ámbitos clave. Se establecerán prioridades en relación con las medidas en función de los riesgos y su impacto económico, las carencias de capacidad, la eficacia y la eficiencia, teniendo en cuenta posibles alternativas;
3. Información sobre los recursos y los mecanismos presupuestarios y financieros disponibles para cubrir los costes de explotación y mantenimiento relacionados con la prevención, la preparación y la respuesta.

#### Protección civil

Uno de los pilares del marco de gestión del riesgo de catástrofes es el Sistema Nacional de Protección Civil que, para determinados desastres –como p.ej., los incendios forestales- está entre los mejor desarrollados del mundo. Tiene diferentes niveles de planificación de desastres que abarcan todas las fases del ciclo de emergencias, siendo la Ley 17/2015 del Sistema Nacional de Protección Civil, la Norma Básica de Protección Civil, y el Plan Estatal General de Emergencias de Protección Civil los pilares normativos y de organización del Sistema Nacional de Protección Civil.

El Sistema Nacional de Protección Civil establece que la Protección Civil es el servicio público que protege a las personas y bienes garantizando una respuesta adecuada ante los distintos tipos de catástrofes originadas por causas naturales o derivadas de la acción humana. Integra la Protección Civil de todas las Administraciones Públicas, en el ámbito de sus competencias, con el fin de garantizar una respuesta coordinada y eficiente a lo largo de todo el ciclo de la gestión del riesgo de desastres: anticipación, prevención, planificación, respuesta, recuperación, seguimiento y evaluación. Las actuaciones del Sistema se rigen por los principios de colaboración, cooperación, coordinación, solidaridad interterritorial, subsidiariedad, eficiencia, participación, inclusión y accesibilidad universal de las personas con discapacidad.

#### Servicios meteorológicos

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de España es una agencia estatal, cuyo objetivo básico es la prestación de servicios meteorológicos, que sean competencia del Estado. Fue creada en 1887 como Instituto Central

Meteorológico, llamada desde 1978 Instituto Nacional de Meteorología y desde 2008 Agencia Estatal de Meteorología. Se encuentra adscrita al Ministerio para la Transición Ecológica a través de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente.

Una de las funciones principales del organismo es la elaboración, el suministro y la difusión de las informaciones meteorológicas y predicciones de interés general para los ciudadanos en todo el ámbito nacional, tanto terrestre, aérea como marítima, y la emisión de avisos y predicciones de fenómenos meteorológicos que puedan afectar a la seguridad de las personas y a los bienes materiales, este con el fin de mitigar el efecto de los riesgos meteorológicos en el país.

#### Organismos de cuenca

En referencia al ámbito de gestión de los Organismos de cuenca, actualmente existen 9 Organismos de cuenca intercomunitarias (cuencas hidrográficas que exceden el ámbito territorial de una Comunidad Autónoma), con denominación de Confederaciones Hidrográficas, adscritos al Ministerio para la Transición Ecológica, a través de la Dirección General del Agua. Existen también 12 ámbitos de gestión en cuencas intracomunitarias (cuencas hidrográficas que no exceden el ámbito territorial de una Comunidad Autónoma) competencia de administraciones hidráulicas autonómicas.

Los organismos de cuenca, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 19 de la Ley de Aguas de 1985 (art. 21 del Texto Refundido), se constituyeron en las cuencas hidrográficas intercomunitarias, o que exceden del ámbito territorial de una Comunidad Autónoma. Dichos Organismos, que adoptan la denominación de Confederaciones Hidrográficas, tienen una larga tradición en la historia hidrológica de España, pues parten del Real Decreto publicado en la Gaceta del 5 de marzo de 1926, recibiendo el rango de Decreto ley el 28 de mayo del mismo año.

Sus funciones principales son:

- ✓ La elaboración del plan hidrológico de cuenca, así como su seguimiento y revisión.
- ✓ La administración y control del dominio público hidráulico (Incluye el informe vinculante del planeamiento cuando afecta a las zonas de protección fluvial o prevé aumento de demanda de recursos hídricos)
- ✓ La administración y control de los aprovechamientos de interés general o que afecten a más de una Comunidad Autónoma.

#### Herramientas necesarias para una diagnosis

##### Fuentes de información disponibles en internet

Hoy en día gracias a las previsiones y al análisis de los datos meteorológicos se puede acceder a información constante y estar preparado. La vigilancia sistemática sobre las fuentes de información meteorología se hace imprescindible cuando las predicciones se realizan a tres o cuatro días.

¿Qué fuentes de información debemos consultar? Aprovechamos esta coyuntura para compartir algunas de las páginas webs de referencia:

Las agencias meteorológicas son las fuentes de información más importantes ya que poseen los pronósticos meteorológicos, que se actualizan un mínimo de 2 veces al día y permite anticipar los cambios. En el caso de España se tienen varias herramientas muy interesantes para distintas aplicaciones y necesidades, por ejemplo:

- ✓ Datos Climatológicos de España
- ✓ Mapas probabilísticos
- ✓ Predicciones estacionales
- ✓ Datos Abiertos
- ✓ MeteoRuta

En el ámbito internacional encontramos los siguientes webs de pronósticos dispone, que permiten la descarga de mapas.

- ✓ Wunderground
- ✓ Accuweather
- ✓ Weather.com
- ✓ Weatherview
- ✓ Tropicaltidbits.com

Debemos complementar las predicciones con algunas páginas de divulgación general en España:

- ✓ Tiempo.com
- ✓ Ventusky.com

También existen Foros y Blogs de expertos o aficionados a la información meteorológica, que nos dan consejos sobre cómo actuar en relación con la nieve y hielo.

- ✓ MeteoVigo
- ✓ Iberomet
- ✓ Estaciondemeteorologia
- ✓ Blog de Maldonado
- ✓ Cazatormentas.com

Conceptos básicos de análisis sinóptico

Códigos

La información meteorológica proporcionada por el Sistema Mundial de Observación de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) se intercambia por mensajes cifrados. Estos mensajes cifrados según ciertos códigos se emplean en el intercambio nacional y mundial de información observada y elaborada requeridas por las aplicaciones específicas de la meteorología a diversas actividades humanas, en particular la aviación.

Se descodifican mediante claves meteorológicas (incluidas las claves binarias) que son claves alfanuméricas y están constituidas por LETRAS SIMBOLICAS, que representan elementos meteorológicos u otros elementos geofísicos. En los mensajes, dichas letras simbólicas (o grupo de letras) se transcriben en cifras que indican el valor o el estado de los elementos descritos.

#### Altas

En los anticiclones la presión aumenta hacia el centro. Los vientos giran en el sentido contrario a las agujas del reloj en el hemisferio sur y en sentido horario en el hemisferio norte. Suelen ser más extensos que las depresiones y por su origen pueden ser dinámicos o térmicos.

- ✓ Anticiclones dinámicos: son los originados por un movimiento de subsidencia (descenso) del aire. En general son de aire caliente como los anticiclones subtropicales.
- ✓ Anticiclones térmicos: son originados por un fuerte enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera por contacto con un suelo muy frío. Son anticiclones fríos y de poca altura que, en verano, al aumentar la temperatura del suelo, se debilitan y llegan a desaparecer. Suelen formarse en invierno en las regiones continentales del hemisferio norte.

#### Bajas

En los ciclones la presión disminuye hacia el centro y son el resultado de ascensiones dinámicas (frontales) o térmicas (convección del aire). Los vientos giran en el sentido anti-horario en el hemisferio norte y en sentido horario en el hemisferio sur.

En las altas presiones el aire tiene sus moléculas muy apretadas, su densidad es muy elevada y por tanto pesa más que el aire de las bajas presiones, que tiene sus átomos más disgregados, es menos denso y más ligero.

El viento siempre va de las altas a las bajas presiones. Se puede decir que las altas presiones son una especie de ventiladores, porque "soplan viento" y que las bajas presiones son como aspiradoras, porque "aspiran el aire".

Cuanto más húmedo es el aire, también es más ligero, porque el vapor de agua pesa menos que el aire.

Dentro de cada centro de altas o de bajas presiones, el aire gira formando remolinos. Y debido a la forma, a los movimientos y al magnetismo terrestre, lo hace siempre de una manera determinada.

En el hemisferio norte, en las altas presiones el aire gira siguiendo el sentido de las agujas del reloj y de dentro hacia afuera (movimiento centrífugo). Y en las bajas presiones lo hace al revés y de fuera hacia dentro (movimiento centrípeto).

## Frentes

En meteorología, un frente es una franja de separación o zona de interacción entre dos vientos o masas de aire con características diferentes de temperatura o humedad. Se clasifican como fríos, cálidos, estacionarios y ocluidos según sus características. La palabra «frente» está tomada del lenguaje militar, dado que el choque entre las dos masas produce una actividad muy dinámica similar a una batalla, con tormentas eléctricas, ráfagas de viento y aguaceros.

Los frentes meteorológicos se asocian a menudo con sistemas de presión atmosféricos. Son generalmente guiados por corrientes de aire. Los frentes pueden verse afectados por formaciones geográficas como montañas y grandes volúmenes de agua.

## Convergencia y divergencia

La convergencia se da cuando el aire entra horizontalmente en las dos direcciones en una zona determinada.

Cuando se produce convergencia del aire que está sobre la superficie de la Tierra, éste sólo puede ir hacia arriba y por lo tanto se produce un ascenso de masas de aire.

En función de las características del aire que encuentre en altura, este aire ascendente va a producir determinados fenómenos. Si encuentra condiciones que favorecen aún más el ascenso puede formar nubosidad e incluso tormentas.

La divergencia se da cuando el aire por algún motivo sale horizontalmente de una misma posición hacia fuera.

Cuando se produce divergencia en la superficie de la Tierra, se produce un descenso de las masas de aire que están sobre la zona. Este descenso se denomina subsidencia. Es lo contrario de la convergencia.

Cuando se produce divergencia en altura, el aire que hay debajo de esta zona de divergencia tiende a subir aspirado por el vacío relativo que se produce. Por tanto, las divergencias en altura generan un ascenso del aire por succión.

## Mapas de superficie

Son mapas que representan el estado de la atmósfera al nivel del mar sobre un área determinada. Dicha representación se realiza, básicamente, a partir del trazado de la distribución de las presiones, que constituyen la variable esencial para comprender el estado del tiempo dado que determinan los movimientos del aire tanto verticales como horizontales. A ellas se añade la representación de los frentes, o zonas de contacto entre masas de aire diferentes, que ejercen también notables efectos sobre el tiempo

## Mapas de altura

Son mapas en los que se pretende representar el estado de la atmósfera en sus niveles altos. Para ello se procede a seleccionar determinados niveles que resultan de especial interés y en ellos se intenta conocer el estado de la atmósfera a partir

del comportamiento registrado por la presión y la temperatura. Hay que señalar, no obstante que el procedimiento de realización de estos mapas es muy diferente al utilizado para la elaboración de los mapas de superficie.

#### Advección

Se define como el movimiento horizontal del aire, sin embargo, la advección a menudo se refiere al transporte de alguna propiedad de la atmósfera u océano, como calor, humedad o salinidad. La advección meteorológica u oceanográfica sigue superficies isobáricas y es, por tanto, predominantemente horizontal. Es sinónimo del transporte de una propiedad atmosférica por el viento.

#### Vorticidad

La vorticidad es una magnitud física empleada en mecánica de fluidos y en el mundo meteorológico para cuantificar la rotación de un fluido.

La vorticidad se origina fundamentalmente en los contornos sólidos debido a que los fluidos no son capaces de deslizar sobre ellos, y luego se propaga al interior del fluido siguiendo la ley de variación.

#### Modelos conceptuales mesoescalares

##### Dipolo orográfico

Estructura meteorológica del campo de presión en niveles bajos consistente en una pareja de altas y bajas presiones, que es generada por la interacción del flujo atmosférico con una barrera montañosa, aunque también puede aparecer en otros tipos de discontinuidad orográfica, como el paso de una meseta o altiplano a un valle o zona baja contigua. El resultado de esta interacción es la formación de una zona de alta presión a barlovento de la barrera orográfica (o sobre la propia cordillera, en algún caso) y de una zona de baja presión a sotavento.

##### Anomalía térmica

Las anomalías térmicas hacen referencia a la diferencia entre el valor medio observado o previsto por un modelo para un día concreto respecto a la climatología de un periodo de referencia dado.

##### Estructuras convectivas

Lugar en el modelo conceptual donde se exponen las diferentes nubes de desarrollo vertical y de acuerdo con su tamaño se puede definir el tipo de nube correspondiente para su análisis.

#### Análisis termodinámico de situaciones adversas

##### Radiosondeo

Un radiosondeo meteorológico consiste en el lanzamiento de una sonda que, impulsada por un globo, asciende hasta alcanzar los niveles estratosféricos. La sonda mide y transmite datos de temperatura, humedad, presión y posición (GPS) a lo largo de su recorrido, de forma que se obtienen también los datos de velocidad y dirección del viento desde la superficie hasta la estratosfera.



### Índices de temperatura y humedad

Para generar las curvas de temperatura y temperatura del punto de rocío en un diagrama termodinámico, marcamos en cada nivel de presión del diagrama los valores de temperatura y temperatura del punto de rocío obtenidos por el sondeo, procurando incluir todos los datos correspondientes a los niveles obligatorios y significativos. A continuación, conectamos los puntos de temperatura a través de los niveles sucesivos de presión trazando líneas rectas, normalmente de color rojo. De forma análoga, los puntos de rocío se conectan con rectas, a menudo de color verde o azul.

### Inestabilidad y estabilidad de la estratificación

Casi todos los procedimientos que se utilizan rutinariamente para analizar la estabilidad atmosférica emplean el «método de la burbuja» (o de la parcela). Para determinar la estabilidad, forzamos el ascenso o descenso de una burbuja de aire teórica y luego comparamos las características que adquiere dadas las condiciones del ambiente circundante. En este contexto, el ambiente circundante y el gradiente térmico asociado se definen en términos de los datos medidos con un instrumento de sondeo, como una radiosonda, que luego se trazan en un diagrama termodinámico.

Este método supone que las burbujas de aire ascendentes o descendentes experimentan cambios de temperatura y humedad asociados con dos procesos primarios:

- ✓ cambios de presión;
- ✓ liberación o absorción de calor latente debido a los procesos de evaporación o condensación.

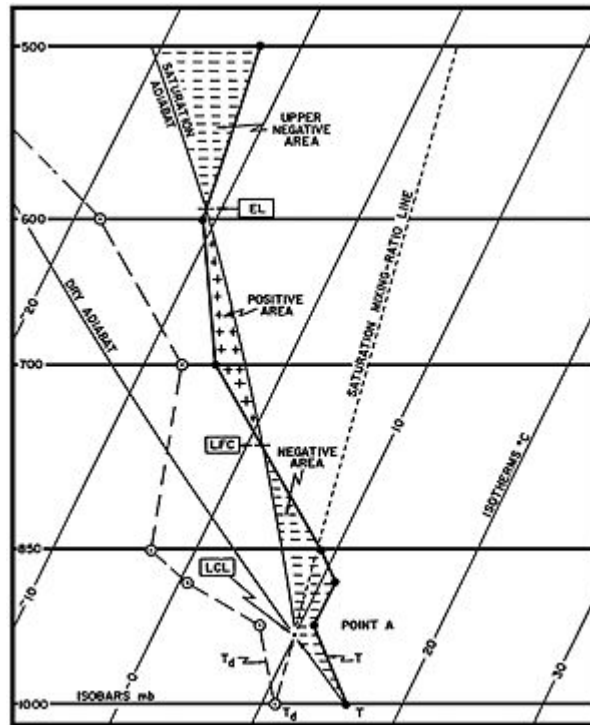
Si bien es muy utilizado y en términos generales se puede aplicar a los pequeños desplazamientos de una burbuja, el criterio de estabilidad no es un buen indicador de lo que puede ocurrir cuando una capa o burbuja se desplaza grandes distancias verticales. Estos desplazamientos provocan cambios en el tipo de estabilidad de capas enteras sobre áreas extensas, o bien el enfriamiento adiabático de ciertas burbujas hasta el punto de saturación e incluso su penetración profunda en capas cuya estabilidad es diferente.

Por eso se han propuesto varios procedimientos para aplicar la teoría de la burbuja al problema de los grandes desplazamientos verticales. Uno de estos enfoques para abordar el problema del ascenso involucra el concepto de inestabilidad potencial, que toma en consideración el efecto de elevar físicamente cualquier capa.

### CAPE

En el diagrama termodinámico, la energía potencial convectiva disponible (EPCD, o CAPE por las siglas del inglés Convective Available Potential Energy) es proporcional al área encerrada entre las líneas del perfil de temperatura del ambiente y la adiabática saturada que se extiende desde el nivel de convección

libre (NCL) hasta el nivel de equilibrio (NE). Esta región, representada en el diagrama siguiente, indica la cantidad de energía de empuje hidrostático disponible conforme la burbuja acelera hacia arriba. La CAPE se expresa en julios por kilogramo (J/kg).



Demostración del CAPE en un diagrama termodinámico, fuente: wikipedia

El clima mediterráneo y los fenómenos meteorológicos adversos característicos  
 El clima mediterráneo propiamente dicho es el que se da en la mayor parte de la costa mediterránea, con la excepción de Egipto y buena parte de Libia y Túnez donde el clima desértico llega a la costa.

El mediterráneo típico, Csa en la clasificación climática de Köppen, se caracteriza por veranos secos y calurosos, con temperaturas medias por encima de los 22 °C e inviernos húmedos y lluviosos, con temperaturas suaves. Cuanto más frío es el mes, más lluvioso resulta, y a la inversa, cuanto más caluroso es el mes, más seco resulta, aunque no tienen por qué coincidir de forma inversa las dos distribuciones. Este patrón es el propio de las costas del sur.

En el resto de España, al estar la costa orientada al este y protegida por la meseta central el régimen de precipitaciones se ve alterado y presenta habitualmente los máximos en otoño y primavera, siendo más seco el invierno pero mucho más lluvioso que el verano, por lo que podríamos hablar de un mediterráneo típico de precipitaciones equinocciales, ya que estas se concentran en las estaciones intermedias en lugar del invierno, presentando dos máximos, uno más acusado en otoño y otro menor en primavera. Es lo que sucede en Cataluña, Baleares y buena

parte de la Comunidad Valenciana. También el mes más lluvioso varía en el resto del Mediterráneo, siendo más tardío cuanto más al este, llegando a ser el máximo desde el mes de octubre al de febrero, pero con un único máximo en la gran mayoría de los casos.

### Inundaciones

Un mar cálido (y cada vez más), a una latitud que permite la llegada de masas de aire frío y tropical, y frente a una configuración geográfica que propicia la formación de nubes de tormenta. Todo ello hace de la cuenca mediterránea el área más propensa de España a sufrir lluvias torrenciales e inundaciones. Los ejemplos en el último año y medio ya se multiplican: Sant Llorenç des Cardassar, Vinaroz u Orihuela en 2018; Murcia primero en septiembre de 2019 y otra vez en diciembre junto a Valencia y Alicante; y ahora, con la borrasca Gloria, todo el noreste y este peninsular.

«La cuenca mediterránea se calienta un 20% más rápido que la media mundial», explica Grammenos Mastrojeni, vicesecretario general responsable de cambio climático y energía de la Unión por el Mediterráneo, que recientemente lanzó el estudio más completo sobre los efectos del cambio climático en la zona.

Factores necesarios para la producción de lluvias intensas que pueden dar lugar a inundaciones

Una característica de este tipo de clima es que las lluvias son poco abundantes, sobre todo en verano cuando están prácticamente ausentes. Sin embargo, hay zonas donde las precipitaciones alcanzan los 1000 mm anuales.

Las lluvias se concentran mayormente en otoño y primavera, con variaciones locales, se caracteriza por tener inviernos relativamente húmedos y veranos secos, resultado de las variaciones del frente polar y las altas presiones subtropicales. Estos son los centros de acción principales que dominan el clima. Las masas de aire que encontramos son de tipo tropical marítimo o continental y polar marítimo. Las masas de aire polar marítimo dominan en otoño e invierno y también en primavera. Son responsables de la mayor parte de las precipitaciones en este clima. Lo más significativo del clima son los tres o cinco meses de aridez en el verano; cuando está bajo el dominio del anticiclón subtropical. En la clasificación Köppen Csa y Csb.

Las estaciones más lluviosas son las intermedias, otoño y primavera. Especialmente en otoño, se pueden dar lluvias torrenciales provocadas por la acumulación de calor en las masas de agua durante el verano, y la llegada de gotas frías polares. En invierno pueden aparecer, localmente, anticiclones térmicos.

### Clasificación de las inundaciones

Tipo 1. Inundaciones muy rápidas por lluvias muy intensas y localizadas (flash floods o inundaciones repentinas): Se producen cuando hay lluvias muy intensas, pero de corta duración. Se caracterizan por producirse en un muy corto espacio de

tiempo. Un típico ejemplo son las inundaciones que se producen en el Maresme normalmente durante la segunda mitad del verano. Como son muy rápidas hay poco tiempo para avisar a la población así que es muy importante estar preparados para sufrir menos daños.

Tipo 2. Inundaciones por lluvias muy intensas y continuadas: En este caso las lluvias pueden ser de intensidad alta o moderada y durar entre 1 y 4 días. Las inundaciones correspondientes a esta categoría se pueden dividir en dos subcategorías:

- ✓ Tipo 2.a Inundaciones muy rápidas (flash floods) por lluvias intensas y cuantiosas: las lluvias son de fuerte intensidad y normalmente duran dos o tres horas, (un total menor a 24 horas). La cantidad de lluvia acumulada (total del episodio) supera los 200mm. La zona afectada no suele ser muy grande.
- ✓ Tipo 2b. Inundaciones por lluvias cuantiosas y moderadamente intensas: Estas inundaciones tienen una intensidad similar a las de tipo 2a pero duran más días, dos o tres. La zona afectada es mayor.

Tipo 3. Inundaciones por lluvias continuadas: En este caso las lluvias son en término medio de intensidad débil, pero que pueden registrar valores altos puntualmente, y que tienen una duración aproximadamente de una semana o más. La zona afectada suele ser muy grande.

Tipo 4. Inundaciones producidas por fusión de nieve: Pueden estar vinculadas con lluvia, como serían las inundaciones de tipo 3, o bien producidas exclusivamente por la fusión de nieve acumulada durante el invierno.

Situaciones meteorológicas tipo causantes de precipitaciones torrenciales en el Mediterráneo

La gota fría, DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos) o baja segregada, es un fenómeno meteorológico en forma de baja cerrada de nivel superior que se ha desplazado por completo (separado) de la corriente básica del oeste y se mueve independientemente de esa corriente. Las gotas frías pueden permanecer casi estacionarias durante días o, en ocasiones, pueden moverse hacia el oeste en dirección opuesta al flujo predominante en el aire (es decir, retroceso)

Es un clima tropical de montaña (clima de montaña de latitudes tropicales), es similar al clima templado subhúmedo (Cwb) y es un clima isotérmico (Csb + i), pues posee mínima oscilación térmica anual. Ocurre en zonas de altitud como los valles interandinos de Colombia, partes de Ecuador y zonas montañosas de Etiopía, Kenia, Ruanda, Tanzania y Camerún. Este clima ha sido llamado "clima tropical de montaña con lluvia y sequía moderadas", y conjuntamente con el clima templado húmedo (Cfb) constituye el denominado clima húmedo de tierras templadas y frías. Este clima ha sido tratado ocasionalmente como mediterráneo oceánico Csb, sin embargo, técnicamente ni es mediterráneo, ya que no se encuentra en latitudes subtropicales, no limita con desiertos, ni es oceánico por

estar alejado de las costas, pues aquí la humedad no tiene origen marítimo sino que procede de la selva ecuatorial. Hay climatólogos que consideran que este clima no debería clasificarse como "C" del sistema de Köppen, sino que debería poseer su propia categoría asociado al clima tropical.

La continentalidad de las temperaturas en el Mediterráneo es gradual de la costa hacia el interior, de modo que no se puede llegar a hablar nunca de un clima continental, sino de un mediterráneo que se ve alterado por el relieve y la altura. En los valles mediterráneos de escasa altura se alcanzan las temperaturas más altas de Europa en verano.

Las precipitaciones se distribuyen de igual modo que las zonas costeras próximas, si bien la orografía causa muchas veces una disminución de estas al estar al resguardo de los vientos húmedos marítimos que provocan lluvias, detenidas estas por las montañas que son las causantes, a su vez, de la continentalidad térmica.

El clima mediterráneo continentalizado se da en el interior de España, Italia, Chile, Chipre, Turquía. Líbano e Israel y fuera de la cuenca mediterránea en Uzbekistán.

Diagnóstico de un episodio de inundación (casos de 1982, 1987 y 2000)

El 20 de octubre de 1982, una de las fechas más catastróficas según autores en el mediterráneo, el agua acumulada en el pantano de Tous inundó la comarca de la Ribera. El agua embalsada alcanzó una cota preocupante tras llover sobre mojado desde el día anterior, cuando los pluviómetros empezaron a marcar cifras históricas. Ese día el río Sellent se desbordó como aviso de lo que estaba por pasar. Beneixida y Càrcer fueron los pueblos más afectados, pero no los únicos. Alcàntera de Xúquer y Cotes también sufrieron y, sobre todo, Gavarda, donde las aguas alcanzaron los tres metros. La rotura de la presa de Tous, que guardaba en su interior 120 millones de metros cúbicos de agua embalsados, a causa de numerosos errores en la construcción, inundó la comarca. Treinta pueblos se vieron afectados, con 38 muertos y 300.000 damnificados.

el 3 de noviembre de 1987 Oliva registró 817 litros por metro cuadrado en 24 horas en una tormenta de otoño típica de la estación en el mediterráneo, teniendo en cuenta que la media anual en España está cerca de los 650 litros. Otras estaciones de la Safor registraron elevadas cifras, como los 720 litros que se acumularon en Gandía.

El nuevo siglo trajo a finales de octubre del 2000 otra gota fría otoñal, que afectó especialmente a la provincia de Castellón y el norte de la Valencia. Las cantidades recogidas en este temporal fueron de las más altas y llegaron a superar los 600 litros de agua por metro cuadrado, además de desbordar diversos ríos.

Otros riesgos hidrometeorológicos

Sequias

La sequía es una anomalía climatológica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de lo habitual de un área geográfica. El agua no es

suficiente para abastecer las necesidades de las plantas, los animales y los humanos que viven en dicho lugar.

La causa principal de toda sequía es la falta de lluvias o precipitaciones, este fenómeno se denomina sequía meteorológica y si perdura, deriva en una sequía hidrológica caracterizada por la desigualdad entre la disponibilidad natural de agua y las demandas naturales de agua. En casos extremos se puede llegar a la aridez.

Si el fenómeno está ligado al nivel de demanda de agua existente en la zona para uso humano e industrial hablamos de escasez de agua.

#### Incendios forestales

Un incendio forestal es aquel fuego que se extiende sin control por terreno forestal que no estaba destinado a arder. Al evidente daño forestal y medioambiental que causa, hay que añadir las consecuencias sobre la población civil y sus bienes que hacen de los incendios forestales un tema a abordar por los servicios de protección civil y emergencias.

De acuerdo con las estadísticas de incendios forestales en España, producen de media unos 17.000 incendios forestales (la mayoría de ellos menores a 1ha.) afectando a unas 114.000ha de superficie forestal. De ellos, según los registros de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias: una media anual de 80 incendios forestales tiene consecuencias sobre la población, principalmente debido a las evacuaciones preventivas, pero también hay que lamentar fallecidos, heridos, cortes de vías de comunicación y servicios, infraestructuras dañadas.

#### Ola de Frío

Una ola u oleada de frío es un periodo de temperaturas muy bajas asociado con la invasión del territorio por masas de aire polar o continental.

#### Ola de calor

Una ola de calor es un periodo más o menos prolongado, excesivamente cálido, que puede ser también muy húmedo, aunque ello suele ser raro, ya que el propio calor hace que la humedad se condense formando nubes, con lo que disminuye el calor atmosférico (calor de condensación) al ser en parte absorbido por esas nubes. Precisamente, la zona ecuatorial no presenta las temperaturas más cálidas del planeta por su mayor nubosidad, que mantiene la temperatura sin grandes extremos. El término depende de la temperatura considerada "normal" en la zona, así que una misma temperatura que en un clima cálido se considera normal puede considerarse una ola de calor en una zona con un clima más atemperado.

#### Nevadas excepcionales

En el ámbito de la meteorología se conoce como nevada al fenómeno que hace que se precipite nieve en lugar de lluvia. La presencia de nieve como precipitación tiene como principal causa la baja temperatura ya que supone un importante nivel de frío. Sin embargo, también son necesarias algunas otras cuestiones para que se presente la nevada en una forma tradicional, la principal de ella tiene que ver con

la presencia de alta humedad, lo cual facilita que el agua en lugar de llegar en estado líquido a la superficie de la Tierra se convierta en copos de nieve. Es decir que la nieve o nevada se da principalmente cuando hay una combinación de baja temperatura con alta humedad. Otras cuestiones como el viento también pueden influir.

**Tiempo severo: granizo y tormentas eléctricas severas**

La aparición de los fenómenos severos en el tiempo meteorológico (tornados, granizos y vientos lineales con rachas destructoras) está relacionada con cambios importantes en la morfología de las tormentas eléctricas. Las tormentas que alcancen ese estado son consideradas como un tipo especial de tormentas eléctricas llamadas tormentas eléctricas locales severas. El desarrollo de las tormentas severas en es una realidad y se debe considerar en la protección de la sociedad, debido a las pérdidas de vidas, daños materiales y cuantiosas afectaciones que ocurren como consecuencia de éstas.

**Temporales de viento**

En meteorología, un temporal es un viento fuerte de grado superior al octavo de la escala de Beaufort. Puede ir acompañado de arena en suspensión (simún), de nieve (ventisca), o de lluvias.

Empieza a existir un temporal cuando el viento sopla a más de 60 km/h. Su fuerza desgaja entonces las ramas de los árboles y se vuelve más difícil para el hombre la marcha contra ese viento. En el mar, la altura de las olas pasa de 4 m y el viento arranca rociones a sus crestas, en tanto que se forman estelas de espuma orientadas en la dirección del viento. Si la fuerza de este aumenta aún más, se pasa del temporal a la tempestad. La tempestad en alta mar puede ser peligrosa si no se toman medidas y medios suficientes.

**Tornados**

Los tornados son una columna de aire que va rotando de manera muy violenta y que se extiende desde el suelo hasta la base de una nube que, en general, es cumuliforme.

Un tornado puede desplazarse varios kilómetros antes de desaparecer, dejando tras su paso graves daños materiales e incluso humanos. La mayoría, -con una anchura de unos 75 metros- alcanzan velocidades que oscilan entre los 65 y los 180Km/h, si bien algunos pueden llegar a alcanzar velocidades de hasta 450km/h -incluso más- y a tener una anchura de 2 kilómetros. Su recorrido, sin separarse del suelo, puede oscilar entre 80 y 100 kilómetros.

## Conclusiones

El objetivo general de esta investigación se basó en el análisis de las condiciones hidrometeorológicas como factor contribuyente en la generación de desastres naturales con pérdidas materiales y humanas, para lo cual se ha estudiado desde el ciclo hidrológicos hasta la generación de modelos meteorológicos para predecir

tanto las inundaciones como los fenómenos meteorológicos adversos que están presentes antes cualquier desastre. En este orden de ideas, en el capítulo I fueron abordados los temas relacionados al **primer objetivo específico** donde se conocieron los conceptos generales de la hidrometeorología, en este capítulo también se conoció todo lo referente a el ciclo hidrológico y la estructura de los mecanismos que intervienen en los riesgos naturales, el cual es el **segundo objetivo específico**.

En el capítulo II de esta investigación se dio a conocer los riesgos naturales para obtener una mitigación de los mismo en base a la vulnerabilidad, para lo cual se dio a conocer los fenómenos meteorológicos e hidrológicos que afectan a la comunidad, dando así a comprender el **tercer objetivo específico**. Conocer la influencia del cambio climático en los riesgos naturales y preparación a la comunidad a adaptarse en la lucha contra la vulnerabilidad fue el tema central de este capítulo en el cual desarrolla una comprensión hacia el **cuarto objetivo específico**.

## Bibliografía

(TA01) ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CRECIDAS: EDICIÓN INTERNACIONAL, Producido por The COMET® Program,



The University Corporation for Atmospheric Research. © 2010-2020, The «100-Year Flood» (La «avenida de 100 años») Hoja de datos 229-96 del U.S. GEOLOGICAL SURVEY, por Karen Dinicola (edición internacional, pp. 2-15).

(TA02) ¿CÓMO PRODUCEN LOS MODELOS LA PRECIPITACIÓN Y LAS NUBES?, Producido por The COMET® Program,

Brown, John M., T. G. Smirnova y S. G. Benjamin, 1998: Introduction of MM5 level 4 microphysics into the RUC-2. Preprints, 12th Conf. on Numerical Weather Prediction, Phoenix, AZ, Amer. Meteor. Soc., 113-115.

Ferrier, B.S., T Black, M. Pyle y H.Y.Chuang, 2005: Ongoing experiments to improve cloud and precipitation forecasts from the WRF NMM modeling system. 17th Conf. on Num. Wea. Pred., Washington DC, Amer. Meteor. Soc., paper 16A.2.

Reisner, J., R. M. Rasmussen y R. T. Bruintjes, 1998: Explicit forecasting of supercooled liquid water in winter storms using the MM5 mesoscale model. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 124, 1071-1107.

[TA03] COMPRENSIÓN DEL CICLO HIDROLÓGICO: EDICIÓN INTERNACIONAL, Producido por The COMET® Program,

Módulo COMET, Rain Gauges: Are They Really Ground Truth? [https://www.meted.ucar.edu/training\\_module\\_es.php?id=51](https://www.meted.ucar.edu/training_module_es.php?id=51)

Centro de Operaciones de Radar de la NOAA: <https://www.roc.noaa.gov/WSR88D/>

[TA04] PROCESOS DE ESCORRENTÍA: EDICIÓN INTERNACIONAL, Producido por The COMET® Program,

The University Corporation for Atmospheric Research, © 2011-2020. (edición internacional, pp. 2-20)