



Tribunal Calificador de las Pruebas Selectivas para el acceso al  
Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado  
(Resolución de 21 de marzo de 2019; BOE 76, de 29 de marzo)

---

# Pruebas Selectivas para el acceso al Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado

## Primer Ejercicio

### Turno Libre



**Pregunta nº 1:**

Señale la afirmación correcta. Dado el campo escalar en coordenadas esféricas  $f(r, \theta, \phi) = r$

- A) El gradiente de  $f$  tiene módulo variable en todos los puntos.
- B) El gradiente de  $f$  no es irrotacional.
- C) El laplaciano de  $f$  es nulo.
- D) La dirección del gradiente de  $f$  en un punto es paralela a la dirección del gradiente de  $f$  en cualquier otro punto.

**Pregunta nº 2:**

Dado un cubo de lado 1, con una de sus aristas en el punto  $(x = 0, y = 0, z = 0)$  y otra en el punto  $(1, 1, 1)$ . ¿Qué valor tiene el flujo del campo vectorial  $\vec{F} = (ye^y, 2y^2, z)$  a través de la superficie del cubo?

- A) 0
- B) 3
- C) 6
- D) 1

**Pregunta nº 3:**

Señale la afirmación correcta:

- A) Se dice que un campo es solenoidal si la divergencia en todos los puntos es nula.
- B) El producto vectorial de dos campos irrotacionales no es un campo solenoidal.
- C) Un campo generado a partir de un potencial escalar es rotacional.
- D) Las soluciones de la ecuación de Laplace son funciones escalares tales que la divergencia de su gradiente es distinta de cero.



**Pregunta nº 4:**

Señale la afirmación incorrecta. Sean  $z$  un número complejo y  $\bar{z}$  su complejo conjugado:

- A)  $f(z) = \bar{z}$  es derivable  $\forall z \in \mathbb{C}$
- B)  $f(z) = e^z$  es derivable  $\forall z \in \mathbb{C}$
- C)  $f(z) = z$  es derivable  $\forall z \in \mathbb{C}$
- D)  $f(z) = \text{sen}(z)$  es derivable  $\forall z \in \mathbb{C}$

**Pregunta nº 5:**

¿Cuál es la solución de la ecuación diferencial lineal  $\frac{dy}{dx} = y + x$  ?

- A)  $y = Ke^x - x - 1$  ;  $K = cte$
- B)  $y = Ke^{-x} - x - 1$  ;  $K = cte$
- C)  $y = Ke^x + x - 1$  ;  $K = cte$
- D)  $y = Ke^x - x + 1$  ;  $K = cte$

**Pregunta nº 6:**

La ecuación diferencial  $\frac{d^2y}{dx^2} - 4\frac{dy}{dx} + 4y = 0$  tiene asociado el polinomio  $p^2 - 4p + 4 = 0$ , que tiene una única solución ( $p = 2$ ). ¿Cuál es la solución general de esta ecuación?

- A)  $y = Ae^{2x} + Bxe^{2x}$  ;  $A, B = ctes$
- B)  $y = Ae^{2x}$  ;  $A = cte$
- C)  $y = Ae^{2x} + Bxe^{-2x}$  ;  $A, B = ctes$
- D)  $y = A2x$  ;  $A = cte$



**Pregunta nº 7:**

Señale la afirmación correcta en relación con el método de separación de variables para la resolución de ecuaciones en derivadas parciales:

- A) El método de separación de variables es aplicable a cualquier ecuación en derivadas parciales.
- B) Una ecuación en derivadas parciales puede ser separable en un sistema de coordenadas y no serlo en otro.
- C) El método de Fourier sirve como punto de partida aunque la ecuación en derivadas parciales sea inseparable.
- D) El método de separación de variables consiste en sustituir la función que se busca por la suma de funciones de una sola variable:  $u(x, y, z) = X(x)Y(y)Z(z)$ .

**Pregunta nº 8:**

Señale la afirmación correcta:

- A) La distribución hipergeométrica se utiliza en el muestreo de una población finita sin reemplazamiento.
- B) La distribución hipergeométrica se utiliza en el muestreo de una población finita con reemplazamiento.
- C) La distribución hipergeométrica se aproxima a la distribución binomial si el tamaño de la población no es grande.
- D) La distribución hipergeométrica no se aproxima a ninguna distribución.

**Pregunta nº 9:**

¿Qué consecuencias tiene en el cálculo de la mediana ( $Me$ ) y el coeficiente de curtosis ( $CK$ ) una transformación de variables de tipo  $Y = aX + b$ , siendo  $a$  y  $b$  dos constantes?

- A) Las medianas se transforman como  $Me_y = aMe_x + b$ , mientras que la curtosis es  $CK_y = CK_x$ .
- B) Las medianas se transforman como  $Me_y = aMe_x + b$ , mientras que la curtosis es  $CK_y \neq CK_x$ .
- C) Las medianas se transforman como  $Me_y = aMe_x$ , mientras que la curtosis es  $CK_y = CK_x$ .
- D) Las medianas no se transforman,  $Me_y = Me_x$ , mientras que la curtosis es  $CK_y \neq CK_x$ .



**Pregunta nº 10:**

Señale la afirmación correcta. El coeficiente de correlación de Pearson sirve para estudiar:

- A) La relación lineal entre dos variables de cualquier tipo.
- B) La relación exponencial entre dos variables cuantitativas.
- C) La relación lineal entre dos variables dicotómicas.
- D) La relación lineal entre dos variables cuantitativas.

**Pregunta nº 11:**

Señale la afirmación correcta. Dada una muestra aleatoria simple  $(X_1, \dots, X_n)$  con  $E[X] = \mu$  y  $V[X] = \sigma^2/n$ , la media muestral se distribuye como:

- A)  $\bar{X} \sim N(\mu, \sigma n)$
- B)  $\bar{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$
- C)  $\bar{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma}{n}\right)$
- D)  $\bar{X} \sim N(\mu, \sigma\sqrt{n})$

**Pregunta nº 12:**

Señale la afirmación correcta sobre la distribución ji cuadrado ( $\chi^2$ ):

- A) Su esperanza matemática es igual a  $2n$ , siendo  $n$  los grados de libertad.
- B) Su estadístico determina si un modelo estadístico se ajusta adecuadamente a los datos.
- C) No verifica la propiedad de la reproductividad.
- D) Su varianza es igual a  $n$ , siendo  $n$  los grados de libertad.



**Pregunta nº 13:**

Señale la afirmación correcta. En el análisis clúster:

- A) El número de los grupos es conocido a priori, pero no la composición de los mismos.
- B) El número y la composición de los grupos no es conocido a priori.
- C) Se clasifican variables en un número pequeño de grupos, de forma que las observaciones pertenecientes a un grupo sean disimilares entre sí y muy similares al resto.
- D) Se clasifican variables en un número pequeño de grupos, de forma que las observaciones pertenecientes a un grupo sean disimilares entre sí y muy disimilares al resto.

**Pregunta nº 14:**

Sea la función  $f(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0 \\ e^{-t}, & t > 0 \end{cases}$ , la transformada de Fourier de  $f$  es:

- A)  $\hat{f}(\omega) = \frac{1}{1+i\omega}$
- B)  $\hat{f}(\omega) = \frac{1}{1-i\omega}$
- C)  $\hat{f}(\omega) = \frac{1}{i\omega}$
- D)  $\hat{f}(\omega) = \frac{1}{1+\omega}$

**Pregunta nº 15:**

¿Cómo se define la diferencia finita regresiva de primer orden de una función  $f(x)$  en  $x_n$ ?

- A)  $\nabla f(x_n) = f(x_n) - f(x_{n-1})$
- B)  $\nabla f(x_n) = f(x_n) - 2f(x_{n-1})$
- C)  $\nabla f(x_n) = f(x_n) - f(x_{n-1}) + f(x_{n-2})$
- D)  $\nabla f(x_n) = (f(x_n) - 2f(x_{n-1}))/f(x_n)$



**Pregunta nº 16:**

Señale la afirmación correcta. Dada una partícula de masa  $M$  que describe un movimiento circular uniforme de radio  $4 m$ :

- A) Su aceleración tangencial tiene un valor de  $4 ms^{-2}$
- B) Su aceleración angular es nula.
- C) Su aceleración normal es nula.
- D) Su velocidad angular es nula.

**Pregunta nº 17:**

¿Cuántos momentos de inercia pueden considerarse en un cuerpo?

- A) 1, porque el momento de inercia solo depende de la forma del cuerpo.
- B) Infinitos, porque varían con el eje que se considere.
- C) 3, porque para cada cuerpo, sin importar su forma, en el espacio hay tres direcciones mutuamente perpendiculares que constituyen los ejes principales de inercia.
- D) Depende del cuerpo que se considere.

**Pregunta nº 18:**

Señale la afirmación incorrecta en el contexto de los formulismos lagrangiano y hamiltoniano. Se supone que el sistema de referencia es inercial y actúan únicamente fuerzas conservativas:

- A) Si una coordenada es cíclica su momento conjugado es constante.
- B)  $H = \sum p_i \dot{q}_i - L$
- C)  $H = \sum q_i \dot{p}_i - L$
- D) Si el lagrangiano no depende de una coordenada generalizada, el momento canónico conjugado asociado a esa variable es constante.



**Pregunta nº 19:**

Señale la afirmación incorrecta respecto a la cinemática de fluidos:

- A) Las líneas de corriente son tangentes al campo de velocidades para un tiempo fijo.
- B) Las líneas de corriente coinciden con las trayectorias de las partículas en un fluido en régimen estacionario.
- C) Las trayectorias de dos partículas se pueden cortar en un instante dado.
- D) Dos líneas de corriente se pueden cortar en un instante dado.

**Pregunta nº 20:**

Sea un flujo incompresible con un campo de velocidades bidimensional de la forma  $\vec{v}(x, y, z, t) = u(x, y, z, t)\hat{i} + v(x, y, z, t)\hat{j}$ , el campo de velocidades se puede expresar en función del potencial vector  $H = \psi\hat{k}$  de la siguiente manera:

- A)  $\vec{v} = \frac{\partial\psi}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial\psi}{\partial y}\hat{j}$
- B)  $\vec{v} = \frac{\partial\psi}{\partial y}\hat{i} + \frac{\partial\psi}{\partial x}\hat{j}$
- C)  $\vec{v} = \frac{\partial\psi}{\partial x}\hat{i} - \frac{\partial\psi}{\partial y}\hat{j}$
- D)  $\vec{v} = \frac{\partial\psi}{\partial y}\hat{i} - \frac{\partial\psi}{\partial x}\hat{j}$

**Pregunta nº 21:**

Señale la afirmación correcta. Sea una onda esférica que se propaga por un medio homogéneo e isótropo sin pérdida de energía por absorción:

- A) La amplitud del movimiento ondulatorio es proporcional al cuadrado de la distancia al foco emisor.
- B) La intensidad del movimiento ondulatorio es directamente proporcional al cuadrado de la amplitud.
- C) La intensidad del movimiento ondulatorio es inversamente proporcional a la distancia al foco emisor.
- D) La intensidad del movimiento ondulatorio es inversamente proporcional al cuadrado de la amplitud.





**Pregunta nº 22:**

Señale la afirmación correcta respecto a una onda plana:

- A) La rapidez del cambio de fase en un punto fijo es el número de onda.
- B) La rapidez del cambio de fase en un momento dado es la velocidad angular.
- C) Las superficies que unen todos los puntos de igual fase se denominan frentes de onda.
- D) La amplitud a lo largo del frente de onda es constante si la onda es inhomogénea.

**Pregunta nº 23:**

Señale la afirmación incorrecta:

- A) En un medio dispersivo denso y homogéneo, un tren de ondas esparcido interfiere constructivamente en la dirección frontal mientras que en el resto de direcciones predomina la interferencia destructiva.
- B) La intensidad de la dispersión de Rayleigh varía proporcionalmente a  $\lambda^{-4}$
- C) El campo eléctrico de una onda electromagnética obedece a una ecuación diferencial en derivadas parciales lineal homogénea de segundo orden.
- D) Se denomina índice de refracción absoluto a la magnitud  $n = \sqrt{\frac{\epsilon_0 \mu_0}{\epsilon \mu}}$

**Pregunta nº 24:**

Señale la afirmación correcta:

- A) La energía interna, el calor y el trabajo son funciones de estado.
- B) La energía interna y el calor son funciones de estado pero el trabajo no lo es.
- C) El calor y el trabajo no son funciones de estado pero la energía interna sí lo es.
- D) Una función de estado es aquella cuya variación depende del proceso entre el estado inicial y el final.



**Pregunta nº 25:**

En procesos isoentrópicos e isobáricos se cumple que:

- A) La energía libre de Gibbs es mínima en el equilibrio.
- B) La energía interna es mínima en el equilibrio.
- C) La entalpía es mínima en el equilibrio.
- D) La energía de Helmholtz es mínima en el equilibrio.

**Pregunta nº 26:**

Señale la opción correcta. El máximo rendimiento de una máquina térmica que extrae calor de un foco caliente a  $127^{\circ}\text{C}$  y lo cede a un foco frío a  $83^{\circ}\text{C}$  es del:

- A) 11%
- B) 21%
- C) 35%
- D) 43%

**Pregunta nº 27:**

Una partícula de masa  $m$  y carga  $q$  que se mueve con velocidad  $v$  en un plano perpendicular a un campo magnético describe una órbita circular. El periodo y la frecuencia de dicho movimiento circular son:

- A) Dependientes del radio de la órbita y de  $v$
- B) Independientes del radio de la órbita y de  $v$
- C) Dependientes del radio de la órbita pero no de  $v$
- D) Dependientes de  $v$  pero no del radio de la órbita.

**Pregunta nº 28:**

¿Cómo se relacionan los módulos de  $E$  y  $B$  en una onda electromagnética plana?

- A)  $E = cB$
- B)  $E = c^2B$
- C)  $E = \sqrt{\varepsilon_0\mu_0}B$
- D)  $B = cE$



**Pregunta nº 29:**

Señale la afirmación correcta:

- A) Las unidades de la constante de desplazamiento de Wien son  $mK^{-1}$
- B) Las unidades de la constante de Stefan-Boltzmann son  $Wm^{-2}K^{-4}$
- C) Las unidades de la constante de desplazamiento de Wien son  $Km^{-1}$
- D) Las unidades de la constante de Stefan-Boltzmann son  $Wm^2K^{-4}$

**Pregunta nº 30:**

¿Qué proceso causa la inversión de temperatura que caracteriza la estratosfera?

- A) La absorción de radiación solar ultravioleta por las moléculas de ozono.
- B) El calentamiento producido por el viento solar al incidir sobre la atmósfera.
- C) La absorción de la radiación de onda larga terrestre por las moléculas de CO<sub>2</sub>.
- D) El enfriamiento adiabático de los ascensos de carácter convectivo.

**Pregunta nº 31:**

¿Cuál de estos mecanismos no condiciona la reducción estacional de la capa de ozono estratosférica sobre la Antártida?

- A) La formación de nubes estratosféricas polares en invierno que se deshacen en primavera liberando compuestos que contienen cloro.
- B) La reacción del ozono con cloro para producir óxido de cloro y oxígeno molecular.
- C) La fotólisis de compuestos clorofluorocarbonados para producir cloro.
- D) El transporte de compuestos clorados desde la estratosfera circundante hacia el vórtice antártico durante el invierno.



**Pregunta nº 32:**

Señale la afirmación incorrecta respecto a las inversiones de subsidencia:

- A) La humedad relativa disminuye rápidamente con la altura.
- B) Se originan por movimientos adiabáticos descendentes en los anticiclones que dan lugar a calentamiento por compresión.
- C) Están asociadas a inestabilidad en superficie y favorecen los movimientos verticales en su seno.
- D) Favorecen la concentración de contaminantes junto a la superficie.

**Pregunta nº 33:**

Durante una expansión adiabática no saturada, ¿qué variables higrométricas se mantienen constantes?

- A) Humedad específica, temperatura del termómetro húmedo, temperatura potencial.
- B) Humedad específica, temperatura equivalente, temperatura potencial.
- C) Razón de mezcla, temperatura potencial, temperatura potencial equivalente.
- D) Razón de mezcla, temperatura equivalente, temperatura potencial, temperatura potencial equivalente.

**Pregunta nº 34:**

Señale la afirmación correcta respecto a las nieblas de advección:

- A) Suelen darse en invierno sobre los mares.
- B) Se forman únicamente de noche.
- C) Para su formación es necesario un viento de cierta persistencia y velocidad.
- D) Siempre se disipan al amanecer.

**Pregunta nº 35:**

¿Cuál de los siguientes parámetros se mantiene constante en una expansión adiabática saturada?

- A) Temperatura potencial.
- B) Razón de mezcla.
- C) Presión de vapor.
- D) Temperatura potencial adiabática equivalente.



**Pregunta nº 36:**

Señale la afirmación correcta. En un diagrama aerológico:

- A) Una escala lineal de entropía corresponde a una escala lineal de temperatura potencial.
- B) Una escala logarítmica de entropía corresponde a una escala lineal de temperatura potencial.
- C) Una escala lineal de entropía corresponde a una escala logarítmica de temperatura potencial.
- D) Una escala logarítmica de entropía corresponde a una escala logarítmica de temperatura potencial.

**Pregunta nº 37:**

Señale la afirmación incorrecta:

- A) En el Sistema Internacional la unidad de la intensidad radiante es el  $Wsr^{-1}$
- B) En el Sistema Internacional la unidad de la radiancia es el  $Wsr^{-1}m^{-2}$
- C) En el Sistema Internacional la unidad del flujo radiante es el  $Wm^{-2}$
- D) En el Sistema Internacional la unidad de la emitancia radiante es el  $Wm^{-2}$

**Pregunta nº 38:**

Una superficie plana horizontal recibe irradiancia solar directa de  $800 Wm^{-2}$  con un ángulo de incidencia de  $60^\circ$ , además de irradiancia difusa de  $200 Wm^{-2}$ . ¿Qué valor tiene la irradiancia global sobre la superficie?

- A)  $700 Wm^{-2}$
- B)  $1000 Wm^{-2}$
- C)  $600 Wm^{-2}$
- D)  $900 Wm^{-2}$



**Pregunta nº 39:**

Señale la opción correcta. Los gases que más contribuyen en orden creciente al efecto invernadero terrestre son:

- A) CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O
- B) H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>
- C) CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O
- D) CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>

**Pregunta nº 40:**

¿Cuál de las siguientes variables no influye en la nucleación heterogénea de gotitas de agua en la formación de nubes?

- A) La presión de vapor.
- B) La temperatura.
- C) La composición de los aerosoles que actúan como núcleos de condensación.
- D) La turbulencia.

**Pregunta nº 41:**

Señale la afirmación correcta respecto a los procesos de microfísica de nubes:

- A) En la coalescencia de partículas el efecto de las velocidades relativas de las gotitas domina sobre los efectos turbulentos.
- B) La coalescencia de gotitas de agua es el único proceso por el que se forman las gotas de lluvia.
- C) En la colisión de gotitas de agua la coalescencia y el rebote son los dos únicos procesos que se pueden dar.
- D) La velocidad terminal de una gotita depende del cuadrado de su diámetro.



**Pregunta nº 42:**

¿Cuál de los siguientes no es un mecanismo de nucleación de cristales de hielo en la formación de nubes?

- A) Deposición de vapor de agua sobre un núcleo de hielo.
- B) Congelación de una gotita de agua.
- C) Colisión de una gotita sobreenfriada con un núcleo de condensación de hielo.
- D) Colisión de una gotita de agua con un cristal de hielo.

**Pregunta nº 43:**

Señale la afirmación correcta respecto al *scattering* de la luz en la atmósfera:

- A) La intensidad de la luz dispersada en el *scattering* de Rayleigh es proporcional a  $\lambda^{-4}$
- B) El *scattering* de Rayleigh es aplicable indistintamente a moléculas y a aerosoles.
- C) El color azul del cielo puede ser explicado a partir del *scattering* de Mie.
- D) El *scattering* de Raman es de tipo elástico.

**Pregunta nº 44:**

Señale la afirmación correcta respecto al campo eléctrico de buen tiempo:

- A) El campo eléctrico de buen tiempo en un momento dado en todos los puntos de la Tierra corresponde al creado por una carga positiva de 400 kC distribuida en su superficie.
- B) El campo eléctrico de buen tiempo tiene una intensidad aproximada de  $1 \text{ Vm}^{-1}$
- C) La variación diaria del campo eléctrico de buen tiempo está relacionada con la actividad tormentosa del planeta.
- D) El campo eléctrico de buen tiempo es el resultado de la compensación de la carga de la ionosfera.



**Pregunta nº 45:**

Señale la opción en la que el albedo de las nubes está ordenado de mayor a menor:

- A) cumulonimbos > cúmulos > cirros finos > nimbostratos
- B) cumulonimbos > cirros finos > cúmulos > nimbostratos
- C) nimbostratos > cúmulos > cirros finos > cumulonimbos
- D) cumulonimbos > nimbostratos > cúmulos > cirros finos

**Pregunta nº 46:**

Las ecuaciones de Marshall-Palmer relacionan:

- A) La reflectividad y el tamaño de los blancos.
- B) La reflectividad y la intensidad de precipitación.
- C) La altitud de los blancos y la refracción del haz radar.
- D) El cambio en la frecuencia y la velocidad del viento en un radar Doppler.

**Pregunta nº 47:**

Señale la afirmación correcta respecto al radar Doppler:

- A) Mide la velocidad del viento gracias a la comparación de los cambios de fase que se producen en dos reflexiones sucesivas del haz.
- B) Su funcionamiento se basa en el cambio de frecuencia que se da en la onda reflejada al estar el blanco alejándose o acercándose al emisor.
- C) Puede medir las componentes radiales y tangenciales del viento.
- D) Las áreas donde el viento es totalmente radial a la circunferencia de observación del radar Doppler aparecen como zonas de viento nulo.

**Pregunta nº 48:**

¿De cuál de los siguientes factores no depende la razón de engelamiento?

- A) El tamaño de las gotitas de agua.
- B) La temperatura.
- C) El viento.
- D) La concentración de gotitas de agua líquida.





**Pregunta nº 49:**

Señale la afirmación correcta respecto a un avión que vuela en el hemisferio norte en las proximidades del chorro polar:

- A) Volar con la corriente en chorro de frente reduce el consumo del avión.
- B) Con viento en cola debajo del chorro, volando en la zona cálida a la derecha de la corriente, existe menos probabilidad de turbulencia.
- C) Se debe viajar a la izquierda del eje del chorro corriente abajo, donde la turbulencia en aire claro es menor.
- D) No reporta ningún beneficio viajar en las proximidades del chorro, con lo que se deberá modificar la ruta.

**Pregunta nº 50:**

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es incorrecta respecto a la meteorología mesoescalar?

- A) La escala espacial oscila entre los 2 - 2000 km y la escala temporal entre el minuto y el día.
- B) Se caracterizan por grandes aceleraciones del viento y movimientos ageostróficos.
- C) El cociente entre la dimensión vertical y horizontal del fenómeno es igual o inferior a 1 dependiendo del fenómeno.
- D) Las líneas de turbonada no son fenómenos de mesoescala.

**Pregunta nº 51:**

¿Qué son las ondas de gravedad?

- A) Perturbaciones ondulatorias debidas al desplazamiento de una parcela de aire de su equilibrio hidrostático cuya fuerza restauradora es la fuerza de Coriolis.
- B) Perturbaciones ondulatorias debidas al desplazamiento de una parcela de aire de su equilibrio hidrostático cuya fuerza restauradora es la flotabilidad.
- C) Perturbaciones ondulatorias debidas al desplazamiento de una parcela de aire de su equilibrio hidrostático cuya fuerza restauradora es la fuerza de fricción.
- D) Perturbaciones ondulatorias debidas al desplazamiento de una parcela de aire de su equilibrio hidrostático cuya fuerza restauradora es la fuerza de la gravedad.



**Pregunta nº 52:**

Cuando en la atmósfera existe equilibrio entre la fuerza ascendente de gradiente de presión y la fuerza descendente de gravedad, se dice que la atmósfera está en equilibrio:

- A) Geostrófico
- B) Baroclínico
- C) Hidrostático
- D) Hypsométrico

**Pregunta nº 53:**

Señale la afirmación correcta respecto al viento geostrófico en el hemisferio norte:

- A) Si gira con la altura en sentido horario se produce advección cálida.
- B) Si gira con la altura en sentido horario se produce advección neutra.
- C) Si gira con la altura en sentido antihorario se produce advección cálida.
- D) Si gira con la altura en sentido horario se produce advección fría.

**Pregunta nº 54:**

Señale la afirmación compatible con la profundización de un anticiclón según la ecuación de la tendencia del geopotencial:

- A) Disminución con la altura de advección cálida.
- B) Aumento con la altura de advección cálida.
- C) Disminución con la altura de advección fría.
- D) No hay variación con la altura de la advección de temperatura.

**Pregunta nº 55:**

En un frente frío activo, ¿qué término de la ecuación omega es responsable del movimiento ascendente?

- A) El Vector Q de Hoskins.
- B) La variación con la altura de la advección de temperatura.
- C) La advección diferencial de vorticidad.
- D) Los procesos adiabáticos verticales.



**Pregunta nº 56:**

¿Qué tipo de ondas atmosféricas aparecen en la estratosfera ecuatorial?

- A) Únicamente ondas de Rossby que viajan hacia el este.
- B) Ondas de Kelvin que viajan hacia el oeste y ondas mixtas de Rossby-gravedad que viajan hacia el este.
- C) Ondas de Kelvin que viajan hacia el este y ondas de Rossby que viajan hacia el este.
- D) Ondas de Kelvin que viajan hacia el este y ondas mixtas de Rossby-gravedad que viajan hacia el oeste.

**Pregunta nº 57:**

¿Cuál de estos mecanismos no contribuye a la ciclogénesis de los ciclones extratropicales?

- A) La aparición de zonas de convergencia y divergencia asociadas a las ondas de Rossby.
- B) La inestabilidad baroclina en el entorno de la corriente en chorro.
- C) Los máximos de la corriente en chorro que generan zonas de convergencia y divergencia a su entrada y salida.
- D) La liberación de energía por la condensación de vapor en los ascensos que se dan en las zonas de convergencia.

**Pregunta nº 58:**

¿Cuál de los siguientes factores no contribuye a la intensificación de la frontogénesis?

- A) Movimientos ascendentes sobre la zona cálida frontal.
- B) Advección fría sobre la zona fría frontal.
- C) Advección cálida sobre la zona cálida frontal.
- D) Movimientos ascendentes sobre la zona fría frontal.



**Pregunta nº 59:**

¿Cuál de las siguientes observaciones registradas en latitudes medias del hemisferio norte no es compatible con el paso de un frente frío?

- A) El viento gira de componente sureste a componente sur.
- B) Se registra un mínimo en la presión.
- C) Se produce un descenso en la temperatura.
- D) Se observan cumulonimbos y precipitación de carácter convectivo.

**Pregunta nº 60:**

¿En qué lugares de la Tierra es más probable que se desarrollen los huracanes?

- A) En aguas tropicales cálidas entre 10° y 25° de latitud en ambos hemisferios.
- B) A lo largo del ecuador sobre localizaciones continentales.
- C) A lo largo de la costa oeste de los continentes a 35° de latitud norte o sur.
- D) En el mar Mediterráneo, frente a la costa este de Sudamérica y al sur de Australia.

**Pregunta nº 61:**

¿Cuál de los siguientes no es un requisito para la formación de ciclones tropicales?

- A) Una atmósfera condicionalmente inestable.
- B) Temperaturas oceánicas cálidas.
- C) Humedad en niveles medios de la troposfera.
- D) Alta cizalladura vertical del viento.



**Pregunta nº 62:**

Señale la afirmación incorrecta respecto a la Oscilación Cuasibienal:

- A) Es un fenómeno tropical que afecta al flujo estratosférico de polo a polo que modula los efectos de las ondas extratropicales.
- B) Afecta a la variabilidad en la mesosfera en torno a los 85km mediante propagación vertical de ondas de la estratosfera ecuatorial.
- C) No afecta a los vórtices de la estratosfera polar en invierno ni a la reducción del ozono en latitudes altas.
- D) Se da en los vientos zonales de la estratosfera ecuatorial.

**Pregunta nº 63:**

¿En qué hemisferio están confinadas las ondas planetarias de propagación vertical?

- A) Solamente en el hemisferio norte.
- B) Solamente en el hemisferio que está en verano.
- C) Solamente en el hemisferio sur.
- D) Solamente en el hemisferio que está en invierno.

**Pregunta nº 64:**

¿Cuál de los siguientes no se considera un elemento climático?

- A) Corrientes marinas
- B) Presión atmosférica
- C) Humedad
- D) Temperatura del aire



**Pregunta nº 65:**

Según la Organización Meteorológica Mundial, ¿cuál es el periodo clásico de referencia para estudiar el clima?

- A) 20 años
- B) 25 años
- C) 30 años
- D) 35 años

**Pregunta nº 66:**

Se lleva a cabo el análisis de una muestra de sedimento marino mediante el método isotópico  $^{18}O/^{16}O$ . Respecto a dicho método isotópico, ¿qué caracteriza un periodo estratigráfico correspondiente a una edad de hielo?

- A) Habrá mayor proporción de  $^{18}O$
- B) Habrá menor proporción de  $^{18}O$
- C) Dicho método no se aplica a sedimentos marinos sino únicamente a testigos de hielo.
- D) Se mantienen en igual proporción ambos isótopos.

**Pregunta nº 67:**

Señale la afirmación correcta respecto a los anticiclones subtropicales:

- A) Se extienden verticalmente a lo largo de toda la tropopausa y están presentes durante todo el año.
- B) No se reflejan en altura y están presentes durante todo el año.
- C) Se extienden verticalmente a lo largo de toda la tropopausa y desaparecen durante los inviernos del hemisferio correspondiente.
- D) No se reflejan en altura y desaparecen durante los inviernos del hemisferio correspondiente.



**Pregunta nº 68:**

¿Dónde es mayor el promedio anual de salinidad superficial?

- A) En el ecuador.
- B) En el Atlántico Norte.
- C) En el Mediterráneo.
- D) En el Ártico.

**Pregunta nº 69:**

¿Cuál de las siguientes letras indica un clima más árido según la clasificación clásica de los climas de Thornthwaite?

- A) *A*
- B) *A<sub>1</sub>*
- C) *E*
- D) *H*

**Pregunta nº 70:**

Señale la afirmación correcta respecto a las proyecciones cartográficas:

- A) La proyección de Mercator es equivalente.
- B) La proyección de Gall-Peters es conforme.
- C) Las proyecciones acimutales son conformes.
- D) La proyección de Mollweide es equivalente.

**Pregunta nº 71:**

Aproximadamente, ¿dónde se halla el máximo en la media zonal anual del transporte de momento angular en la atmósfera?

- A) Entre 60° y 30° de latitud de cada hemisferio.
- B) Entre 30°N y 40°S.
- C) Entre 90° y 60° de latitud de cada hemisferio.
- D) Entre 10°N y 20°S.



**Pregunta nº 72:**

El afloramiento de aguas profundas suele darse:

- A) Al este de las masas continentales en el hemisferio norte y al oeste de ellas en el hemisferio sur.
- B) Al oeste de las masas continentales en el hemisferio norte y al este de ellas en el hemisferio sur.
- C) Al este de las masas continentales tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur.
- D) Al oeste de las masas continentales tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur.

**Pregunta nº 73:**

¿Cuál de las siguientes corrientes marinas no se encuentra en el hemisferio norte?

- A) Kuroshio
- B) Labrador
- C) Golfo
- D) Humboldt

**Pregunta nº 74:**

¿Cuál de los siguientes no es un ejemplo de variabilidad interanual del clima?

- A) El Niño-Oscilación del Sur.
- B) Dipolo del océano Índico.
- C) Oscilación del Atlántico Norte.
- D) Oscilación de Madden-Julian.

**Pregunta nº 75:**

Señale la afirmación incorrecta:

- A) El fenómeno conocido como ENSO en realidad se compone de dos fenómenos atmosféricos acoplados: El Niño y la Oscilación del Sur.
- B) Durante un fenómeno de El Niño se debilita la circulación de Walker.
- C) Durante un episodio de El Niño se debilitan los vientos alisios.
- D) Durante un episodio de La Niña, la termoclina se profundiza en el Pacífico occidental.





**Pregunta nº 76:**

¿Cuál de las siguientes realimentaciones del sistema climático es negativa?

- A) Realimentación del gradiente vertical de temperatura.
- B) Realimentación del vapor de agua.
- C) Realimentación del hielo-albedo.
- D) Realimentación del CO<sub>2</sub> marino.

**Pregunta nº 77:**

¿Cómo se denomina el software encargado de comunicar las aplicaciones informáticas con los dispositivos?

- A) Codecs
- B) Plugins
- C) Drivers
- D) Routers

**Pregunta nº 78:**

Señale la afirmación correcta. La instrucción ejecutada en una *shell* de linux:

```
/home/miusuario/> grep aemet * > ficheros_aemet.txt
```

- A) Busca en todos los ficheros contenidos en el directorio /home/miusuario/ las líneas que contienen la palabra aemet y guarda el resultado de la búsqueda en el fichero ficheros\_aemet.txt
- B) Busca en el directorio /home/miusuario/ los ficheros cuyo nombre contiene la palabra aemet y guarda el resultado de la búsqueda en el fichero ficheros\_aemet.txt
- C) Busca en el fichero ficheros\_aemet.txt las líneas que contiene la palabra aemet y muestra los resultados por pantalla.
- D) Concatena el fichero aemet con el fichero \* y crea el fichero ficheros\_aemet.txt a partir de ellos.



**Pregunta nº 79:**

¿Cuál de estos lenguajes de programación es un lenguaje de programación interpretado?

- A) Python
- B) C++
- C) Fortran
- D) C

**Pregunta nº 80:**

¿Qué es MongoDB?

- A) Es una base de datos NoSQL de código abierto basada en documentos tipo JSON.
- B) Es un almacén de estructuras de datos en memoria usado como base de datos, caché y bróker de mensajería.
- C) Es una extensión de PostgreSQL para el tratamiento de información geográfica.
- D) Es una base de datos relacional de código abierto compatible con Oracle.

**Pregunta nº 81:**

¿Qué es la dirección MAC?

- A) Es un identificador de 48 bits que identifica de forma única la tarjeta de red y no depende del protocolo de conexión utilizado en la red.
- B) Es un identificador de 128 bits expresado en código hexadecimal.
- C) Es una dirección lógica y única para cada dispositivo.
- D) Es una dirección IP.

**Pregunta nº 82:**

¿Cuál de las siguientes topologías de red seguiría funcionando en cualquier caso ante el fallo de uno de sus nodos?

- A) Malla
- B) Bus
- C) Árbol
- D) Anillo



Tribunal Calificador de las Pruebas Selectivas para el ingreso en el  
Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado  
(Resolución de 21 de marzo de 2019; BOE 76, de 29 de marzo)

---

PRIMER EJERCICIO (las respuestas ha de marcarlas en la Hoja de Examen)

---

**Pregunta nº 83:**

Señale la afirmación incorrecta respecto a xDSL:

- A) Es un conjunto de tecnologías que tienen en común que utilizan el par trenzado de hilos de cobre convencionales de las líneas telefónicas para la transmisión de datos.
- B) Es un conjunto de tecnologías entre las que se encuentran ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL.
- C) Es un lenguaje de programación que se utiliza para modelar los objetos del dominio del servicio (Domain Service Language).
- D) Puede ser simétrico o asimétrico.

**Pregunta nº 84:**

¿Cuál de los siguientes protocolos permite cifrar los archivos para su intercambio de forma más segura que el resto?

- A) FTP
- B) TFTP
- C) SSH
- D) SCP

**Pregunta nº 85:**

Señale la afirmación correcta. De acuerdo con el artículo 1 de la Constitución Española, España se constituye en un Estado:

- A) Social, libre y democrático.
- B) Social y democrático de Derecho.
- C) De Derecho, democrático y aconfesional.
- D) Libre, democrático y aconfesional.



Tribunal Calificador de las Pruebas Selectivas para el ingreso en el  
Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado  
(Resolución de 21 de marzo de 2019; BOE 76, de 29 de marzo)

---

PRIMER EJERCICIO (las respuestas ha de marcarlas en la Hoja de Examen)

---

**Pregunta nº 86:**

¿Cuál de las siguientes instituciones tiene la función de definir las orientaciones y prioridades políticas generales de la Unión Europea sin ejercer para ello función legislativa alguna?

- A) El Parlamento Europeo.
- B) El Consejo Europeo.
- C) La Comisión Europea.
- D) El Tribunal de Justicia de la Unión Europea.

**Pregunta nº 87:**

¿Cuál de los siguientes actos jurídicos de la Unión Europea es vinculante en su integridad y de manera directa en cada Estado miembro?

- A) Las Directivas
- B) Las Decisiones
- C) Los Dictámenes
- D) Los Reglamentos

**Pregunta nº 88:**

Señale la afirmación correcta. La Constitución Española contempla que las siguientes materias se regularán mediante ley orgánica según su artículo 85:

- A) Desarrollo de los derechos fundamentales y de las libertades públicas, los Presupuestos Generales del Estado, los Estatutos de Autonomía y las demás previstas en la Constitución.
- B) Desarrollo de los derechos fundamentales y de las libertades públicas, las que aprueben los Estatutos de Autonomía, las de carácter tributario y las demás previstas en la Constitución.
- C) Desarrollo de los derechos fundamentales y de las libertades públicas, las que aprueben los Estatutos de Autonomía y el régimen electoral general y las demás previstas en la Constitución.
- D) Desarrollo de los derechos fundamentales y de las libertades públicas, las que aprueben los Estatutos de Autonomía, las que regulan materias que no pueden ser objeto de iniciativa legislativa popular y las demás previstas en la Constitución.



Tribunal Calificador de las Pruebas Selectivas para el ingreso en el  
Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado  
(Resolución de 21 de marzo de 2019; BOE 76, de 29 de marzo)

---

PRIMER EJERCICIO (las respuestas ha de marcarlas en la Hoja de Examen)

---

**Pregunta nº 89:**

Señale la afirmación correcta. Según la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, los expedientes administrativos:

- A) Tendrán prioritariamente formato electrónico y, entre otros documentos, deberá constar copia electrónica certificada de la resolución adoptada.
- B) Tendrán prioritariamente formato electrónico y si consta la resolución adoptada, esta será necesariamente en copia certificada.
- C) Tenderán a tener formato electrónico, incluyendo la copia certificada de la resolución adoptada.
- D) Tendrán obligatoriamente formato electrónico y, entre otros documentos, deberá constar copia electrónica certificada de la resolución adoptada.

**Pregunta nº 90:**

Señale la afirmación correcta. De acuerdo con la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, salvo que por Ley o en el Derecho de la Unión Europea se disponga otro cómputo, a efectos del cómputo de plazos:

- A) Son hábiles todas las horas del día que formen parte de un día hábil; los sábados, domingos y festivos son días inhábiles.
- B) Son hábiles todas las horas del día que formen parte de un día hábil, de lunes a sábado; los domingos y festivos son días inhábiles.
- C) Solo son hábiles las horas del día que están abiertos los registros, de lunes a sábado; los domingos y festivos son días inhábiles.
- D) Son hábiles todas las horas del día que formen parte de un día hábil; el primer sábado de cada mes es hábil; los restantes sábados, domingos y festivos son días inhábiles.



Tribunal Calificador de las Pruebas Selectivas para el ingreso en el  
Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado  
(Resolución de 21 de marzo de 2019; BOE 76, de 29 de marzo)

---

PRIMER EJERCICIO (las respuestas ha de marcarlas en la Hoja de Examen)

---

**Pregunta nº 91:**

Señale la afirmación correcta. Las resoluciones administrativas de carácter particular no podrán vulnerar lo establecido en una disposición de carácter general:

- A) Salvo que aquéllas procedan de un órgano de igual o superior jerarquía al que dictó la disposición general.
- B) Aunque aquéllas procedan de un órgano de igual o superior jerarquía al que dictó la disposición general.
- C) Salvo que aquéllas procedan de un órgano de superior jerarquía al que dictó la disposición general.
- D) Salvo que el acto emane del Consejo de Ministros.

**Pregunta nº 92:**

¿Contra la resolución de un recurso de alzada cabe algún recurso administrativo?

- A) Ninguno, ya que la resolución de los recursos de alzada ponen fin a la vía administrativa.
- B) El recurso extraordinario de revisión en los supuestos establecidos en el artículo 125.1 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- C) El recurso potestativo de reposición en los supuestos establecidos en el artículo 123.1 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- D) El recurso extraordinario de reposición y el extraordinario de revisión.



Tribunal Calificador de las Pruebas Selectivas para el ingreso en el  
Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado  
(Resolución de 21 de marzo de 2019; BOE 76, de 29 de marzo)

---

PRIMER EJERCICIO (las respuestas ha de marcarlas en la Hoja de Examen)

---

**Pregunta nº 93:**

De acuerdo con la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, se consideran contratos menores aquellos cuyo valor estimado es:

- A) Menor a 50.000 euros cuando se trate de contratos de obras o menor a 18.000 euros en el caso de otros contratos.
- B) Menor a 40.000 euros cuando se trate de contratos de obras o menor a 15.000 euros para contratos de suministro o de servicios.
- C) Menor a 15.000 euros para contratos de obras, suministros y servicios.
- D) En el caso de un procedimiento abierto simplificado, menor a 80.000 euros para un contrato de obras y de 35.000 euros cuando se trate de contratos de suministro o de servicios.

**Pregunta nº 94:**

Aunque el ciclo presupuestario está compuesto fundamentalmente por las fases de elaboración, aprobación y ejecución, se podría hablar de un cuarto aspecto, el control de la ejecución. ¿Quién ejerce las competencias de control interno?

- A) El Senado a través de su posición privilegiada para realizar enmiendas a la totalidad o a parte de los Presupuestos.
- B) La Intervención General de la Administración del Estado.
- C) El Tribunal de Cuentas.
- D) El Ministerio de Hacienda.



**Tribunal Calificador de las Pruebas Selectivas para el ingreso en el  
Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado  
(Resolución de 21 de marzo de 2019; BOE 76, de 29 de marzo)**

---

**PRIMER EJERCICIO (las respuestas ha de marcarlas en la Hoja de Examen)**

---

**Pregunta nº 95:**

De acuerdo con el Estatuto de la Agencia Estatal de Meteorología, ¿cómo se define su estructura?

- A) Existirá una sede institucional territorial en cada una de las Comunidades Autónomas y una sede central en Madrid.
- B) Existirá una Delegación de la Agencia en cada una de las provincias, a la que se adscribirán las oficinas, observatorios y demás dependencias en dicho ámbito, y una sede institucional en Madrid.
- C) Existirá una Delegación de la Agencia en cada una de las Comunidades Autónomas, a la que se adscribirán las oficinas, observatorios y demás dependencias en dicho ámbito, y una sede institucional en Madrid.
- D) Existirá una Delegación de la Agencia en cada una de las Comunidades Autónomas y una sede institucional en Madrid, a la que se adscribirán las oficinas, observatorios y demás dependencias territoriales.

**Pregunta nº 96:**

¿Cuál de las siguientes actividades no se encomienda de manera directa a la Agencia Estatal de Meteorología en su Estatuto?

- A) La emisión de avisos y predicciones de fenómenos meteorológicos que puedan afectar a la seguridad de las personas y a los bienes materiales.
- B) El mantenimiento y permanente actualización del registro histórico de datos meteorológicos y climatológicos.
- C) La elaboración y actualización de los escenarios de contaminación ambiental.
- D) La provisión de servicios meteorológicos de apoyo a la navegación aérea y marítima.





**Pregunta nº 97:**

Señale la afirmación correcta en relación con el ejercicio de acceso a la información pública:

- A) El solicitante no está obligado a motivar su solicitud de acceso a la información, si bien podrá exponer los motivos por los que solicita la información.
- B) La ausencia de motivación será por si sola causa de rechazo de la solicitud.
- C) La ausencia de motivación será causa de rechazo de la solicitud si se dirige al titular del órgano administrativo o entidad que posea la información.
- D) No cabe la posibilidad de motivar la solicitud de acceso a la información.

**Pregunta nº 98:**

Señale cuál de los siguientes principios técnicos que rigen la actuación del Portal de Transparencia no se contempla en el artículo 11 de la Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información y buen gobierno:

- A) Accesibilidad
- B) Interoperabilidad
- C) Reutilización
- D) Integridad

**Pregunta nº 99:**

A efectos de la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, ¿qué se entiende por composición equilibrada?

- A) La presencia de mujeres y hombres de forma que, en el conjunto a que se refiera, las personas de cada sexo representen el 50%
- B) La presencia de mujeres y hombres de forma que, en el conjunto a que se refiera, las personas de cada sexo no superen el 60% ni sean menos del 40%
- C) La presencia de mujeres, en el conjunto a que se refiera, no podrá ser inferior al 50%
- D) La presencia de mujeres y hombres de forma que, en el conjunto a que se refiera, las personas de cada sexo no superen el 55% ni sean menos del 45%



**Tribunal Calificador de las Pruebas Selectivas para el ingreso en el  
Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado  
(Resolución de 21 de marzo de 2019; BOE 76, de 29 de marzo)**

---

**PRIMER EJERCICIO (las respuestas ha de marcarlas en la Hoja de Examen)**

---

**Pregunta nº 100:**

Según la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, la elaboración e implantación de Planes de Igualdad en las empresas:

- A) Es voluntario para todas las empresas, con independencia del número de trabajadores, salvo que lo establezca el convenio colectivo.
- B) Es voluntario para las empresas de menos de 100 trabajadores en plantilla, salvo que lo establezca el convenio colectivo.
- C) Es obligatorio para las empresas de 50 o más trabajadores, en todo caso.
- D) Es obligatorio para todas las empresas, con independencia del número de trabajadores, salvo que el convenio colectivo exonere a las empresas de esa obligación.

# The Climandes Project: Sharing experiences in designing user-driven climate services<sup>1</sup>

By **Andrea van der Elst** and **MeteoSwiss Climandes Team**, MeteoSwiss

In 2016, El Niño-driven weather patterns significantly contributed to causing an intensification of global food insecurity. An analysis of the 2016 El Niño event, which affected more than 60 million people worldwide, revealed that a major part of the exposed population was uninformed and unprepared for the pronounced climate anomalies. According to the World Economic Forum (WEF) *Global Risks Report 2018*, extreme weather events and temperatures are among the most pressing global challenges in terms of impact and likelihood. As a result, a single event can push vulnerable people further into poverty and destroy hard-won development gains.

Enhanced understanding and access to weather and climate information is a critical component for reducing climate risks and increasing societal resilience and preparedness for climate variability and change. However, even where relevant weather and climate forecasts are available, often this information is not meaningful, accessible or understood by most user groups, especially smallholder farmers in remote rural areas (Carr and Onzere, 2017). There is a need for user-tailored information about the past, current and future climate to enable smarter decision-making. To coordinate and guide these initiatives, heads of state, governments and scientists worked together on the *Global Framework for Climate Services* (GFCS) at the Third World Climate Conference (WCC-3) in 2009. When the GFCS launched in 2012, it introduced

the User Interface Platform (UIP) as one of the basic components for developing climate services. The UIP promotes interaction between users and providers of climate services to improve the messaging and delivery of climate services to fit users' needs.

Climate services support the achievement of the recently established landmark global agendas, including the *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030* (UNISDR, 2015), the *Paris Agreement* of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, 2015) and *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* (UN, 2015). Weather and climate information on a broad range of spatial and temporal scales are vital for the promoted National Adaptation Plans (NAPs), climate risk assessments and achieving the climate-sensitive sustainable development goals. Such information provides for multi-hazard early-warning systems that enable proper disaster preparedness and help safeguard lives and livelihoods. The Climandes project in Peru offers an example of successful implementation of such vital climate services.

## The Climandes Project: Climate services for the Andes

The Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) launched Climandes (Servicios climáticos para el desarrollo) in 2012 under the Global Programme Climate Change and Environment. It is one of the eight prioritized projects of WMO for the implementation of the GFCS. This partnership between the Peruvian National Meteorological and Hydrological Service (SENAMHI) and the Swiss Federal Office of Meteorology

<sup>1</sup> This article provides an overview of the MeteoSwiss and SENAMHI Peru report on the main findings in developing user-driven services and establishing a prototype User Interface Platform (UIP). The report, "What we can learn from the Climandes project: A checklist for practitioners, scientists and policy makers," is available at [bit.ly/2OY5Kc5](https://bit.ly/2OY5Kc5)



and Climatology (MeteoSwiss) aimed to develop and provide climate services for the agricultural sector of the Andean highlands with an emphasis on food security in subsistence farming. After two three-year project phases, Climandes has successfully translated the GFCS into practical solutions at the local level, increasing the resilience of agricultural communities in the Peruvian Andes.

Puno, located about 4 000 metres above sea level in the southern Andes highlands, is one of four Peruvian regions with a very high food insecurity (INEI, 2013), and one of the two focus regions for the Climandes pilot. Puno's 1.4 million inhabitants account for 5% of Peru's total population. Some 43% of the population work in the agricultural sector – a majority in small-scale subsistence farms (INEI/MINAM, 2013). These smallholder farmers are especially exposed to the impacts of adverse weather and climate events due to high inter-annual climate variability and weak adaptive and rebuilding capacities.

### A prototype for user engagement

The specific activities for setting up a UIP have not yet been well-defined or specified in an implementation-ready manner. In fact, a recent review of the GFCS concluded that "the purpose and functioning of a

UIP is not well understood by many climate service producers and users" (*Mid-term Review of the Global Framework for Climate Services*, WMO, 2017, [www.wmo.int/gfcs/ibcs-5](http://www.wmo.int/gfcs/ibcs-5)). To address this issue, the Climandes project developed a prototype UIP designed for strong engagement with key stakeholders. These include information providers, intermediary users, such as sectoral experts and representatives as well as local communities and small-scale farmers.

### Two-stage approach for evidence-based action<sup>2</sup>

SENAMHI and MeteoSwiss implemented the pilot UIP in a structured two-stage approach in order to co-develop climate services and tailor them to specific users and user groups.

The first stage provided the evidence necessary to plan subsequent action in the second stage. It mapped out all the relevant stakeholders, integrating sectoral expertise and building strategic alliances. SENAMHI and MeteoSwiss also conducted a representative household survey assessing climate vulnerability of 726 small-scale farmers in fifteen districts of Puno.

<sup>2</sup> A checklist for the proposed two-stage approach for designing user-driven climate services can be found in the report.



The investigation identified their major climate-related agricultural problems, evaluated their decision-making processes and helped to determine their weather and climate information needs. It revealed that the farmers frequently suffer from significant crop failures due to climate-induced hazards, especially frost and drought events. These harvest losses directly translate into food security problems as they have limited ability to recover. There was considerable potential for increased use of weather and climate information, but their integration into decision-making appeared to be hindered by four key constraints: accessibility to, comprehension and accuracy of the weather and climate information, and, not least, the lack of acceptance (or trust) of the provider and their products.

From the survey data, an economic model was able to estimate the potential value of improved access to frost warnings: a 10% increase of quinoa harvests, valued at US\$ 2.7 million per year for the Puno region. Communication of such potential socio-economic benefits to policymakers could raise awareness and, hopefully, increase public investment in climate services.

The second stage, building on the data gathered in the first stage, put climate services into practice. Particular attention was paid to the development of user-tailored climate services through the involvement of end-users

in two rural communities SENAMHI and MeteoSwiss held monthly climate field workshops to establish regular input and feedback. These workshops aimed to raise farmers' awareness, help them overcome the factors affecting their use of this information and evaluate the impact and benefit of those services. It was found that co-developed climate services in Climandes had significantly increased the user communities' trust in SENAMHI and improved the use of scientific information in agricultural decision-making ('acceptance') in order to fulfil their potential socio-economic benefits. Farmers also reported that the information provided coincided with reality – thus was accurate.

In response to the farmers' preferred ways of receiving communications, SENAMHI established two distribution channels to better reach the target population – thus addressing accessibility. The regional SENAMHI office in Puno now delivers weekly text messages via SMS with forecasts and early warnings of frost and drought events. Two radio stations also provide daily weather predictions in the local languages Quechua and Aymara as well as in Spanish. However, the understanding of weather and climate information still remains a critical point in the user community and improved only slightly over the period of intervention – that is comprehension.



Enrique Castro-Mendivil/PromPerú

## Empowering climate provider and user communities

The GFCS found that co-developed climate services are not well-resourced at the institutional level of many meteorological services, especially in developing countries and countries with emerging economies. Climandes chose the twinning approach as it enables capacity development in all GFCS areas through peer-to-peer training, provision of continuous support and coaching to both providers and end-users.

Capacity development through innovative education and training activities was another focus of the project. Through Climandes, e-learning has been implemented at SENAMHI, which now manages its own e-learning Moodle platform. SENAMHI hosted blended learning courses that combined online and classroom courses. This was a very effective means for providing information on specific climate service-related topics, spanning from data quality and seasonal forecasts to methodologies estimating the socio-economic benefits of climate services. The courses attracted international participation and encouraged information exchange between meteorological professionals in the region: for example, through monthly online briefings on seasonal forecasts. Student exchanges

within the region as well as between Switzerland and Peru supported the development of the necessary capacities. Climandes also contributed to the WMO Regional Training Centre (RTC) in Peru and to the efforts of the WMO Regional Education and Training Programme. As a result of the training activities, WMO appointed SENAMHI in June 2018 as the second component of the RTC-Peru, in tandem with the National Agrarian University UNALM.

## Filling gaps on the provider side

The early engagement of users revealed their requirements for climate services. These helped SENAMHI to develop their products and highlight the necessary scientific, technical and operational capacities needed to produce them. The limited availability of high-quality observations, a prerequisite for climate services, posed a major challenge in the study region. To tackle this issue, SENAMHI introduced homogenization (removal of non-climatic influences) of observational time series, quality control procedures and developed gridded daily datasets (merging station data and satellite datasets). Based on this improved data on temperature and precipitation, user-relevant indices were then monitored. These indices were derived from the user surveys and further refined with

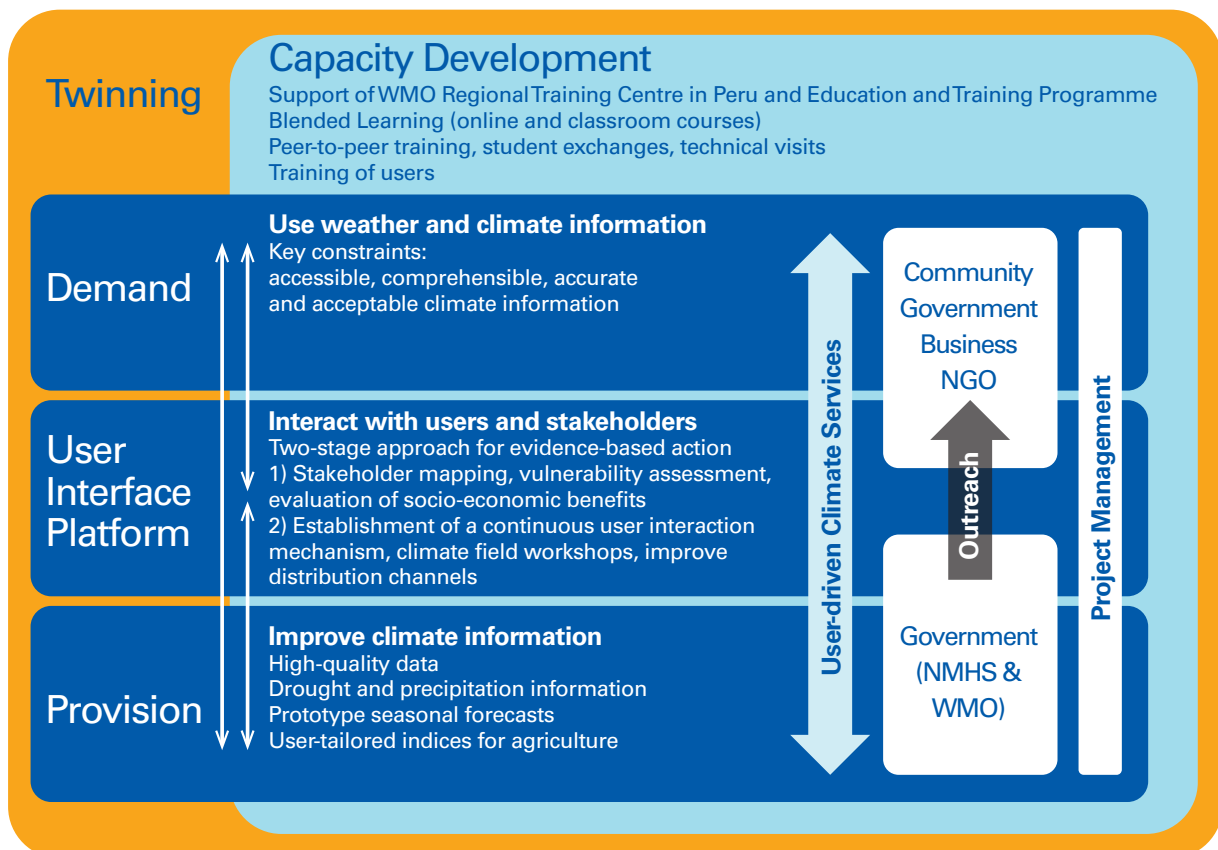
a combination of expert analyses of the meteorological and agronomic data. A climatological analysis was also conducted of indices such as consecutive days below certain plant-specific temperature thresholds during the growing season, and drought indices which capture the water requirements of crops. This enhanced information was of direct interest for various user groups in the agricultural sector and now strengthens SENAMHI’s advisory role, particularly for drought, frost monitoring and warning.

Another significant achievement is the continuous verification of SENAMHI’s seasonal forecasts. This has led to prototype forecast products that include information on the forecast quality ("skill") in addition to their uncertainty. These prototypes are currently being tested on selected users in order to avoid any risk to their credibility. In Climandes, the SENAMHI statistical seasonal forecasts for seasonal mean values of temperature and precipitation have been complemented with dynamical European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) seasonal forecasts, which now include agro-specific indices.

SENAMHI’s increased scientific, technical and operational capacities permitted the Service to organize the first Data Management Workshop in the South American region, which attracted 150 participants from 15 countries. The event, an effective step towards spreading Climandes, permitted an exchange of information between meteorological service providers and professionals of the region.

### Conclusions

**Proof-of-concept** – The two-stage approach was an important factor in the success of the project. Climandes demonstrates that evidence-based climate services need to be developed by a team that includes a variety of stakeholders – individual smallholder farmers, private and public partner institutions and national governmental institutions. Moreover, expertise from natural, economic and social sciences as well as traditional knowledge plays an important role in understanding the relevant decision-making processes. As a result, the two-stage approach for the pilot UIP involved a number of generic elements that can be applied to other sectors with quite different user



profiles. Climandes provides a proof-of-concept that the GFCS User Interface Platform (UIP) is a suitable tool that can be scaled up geographically and into other contexts and sectors.

**Early user engagement** – The involvement of the user community from an early stage was crucial for implementing climate services and seeing the benefits. Through the user-participatory approach, Climandes managed to overcome to a great extent the four key constraints (lack of accessibility, comprehension, accuracy and acceptance) to the use of weather and climate information. The SENAMHI regional office played an important role in the effective provision of climate services as they have hands-on knowledge of the hazards to which local communities are exposed and the ability to reach out and engage with the local population. As such, decentralized resources of meteorological services in the implementation countries remains essential to establishing and maintaining the UIP.

**The twinning approach** – SENAMHI and MeteoSwiss found the twinning approach successful. Emphasis was put on a wide spectrum of capacity-development elements and less on infrastructure investments. All activities were developed in collaboration with the regional and national offices of SENAMHI and MeteoSwiss, which included peer-to-peer interaction, on-the-job training and building professional networks. As a result, SENAMHI has grown stronger technically and institutionally and now brings valuable expertise in user-driven climate services to the region.

**Inclusive climate services** – The Climandes project demonstrated that improved access to weather and climate information for the most vulnerable significantly enhances their disaster preparedness and contributes to protecting their livelihoods. Climandes strived for unrestricted and unlimited access to climate services for vulnerable groups, especially the poor, the under-educated and women. Climandes contributes to the GFCS and the global agendas by improving the climate adaptation capacities of agricultural communities in the Peruvian Andes. The estimated potential socio-economic benefit of enhanced use of climate and weather information is likely to exceed the costs of developing and maintaining the provision of that service.



The new MeteoSwiss and SENAMHI Report is available on: [www.meteoswiss.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/Forschung-und-Zusammenarbeit/Internationale-Zusammenarbeit/doc/UIP\\_Publication.pdf](http://www.meteoswiss.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/Forschung-und-Zusammenarbeit/Internationale-Zusammenarbeit/doc/UIP_Publication.pdf)

To learn more about Climandes, visit the public Climandes websites of MeteoSwiss ([www.meteoswiss.ch/climandes](http://www.meteoswiss.ch/climandes)), SENAMHI ([www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)) and WMO ([public.wmo.int/en/projects/climandes](http://public.wmo.int/en/projects/climandes)).

## References

Carr, E. R and Onzere, S. N., 2017. Really effective (for 15% of the men): Lessons in understanding and addressing user needs in climate service from Mali. *Climate Risk Management*.

Food and Agriculture Organization (FAO), International Fund for Agricultural Development (IFAD), United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF), World Food Programme (WFP) and World Health Organization (WHO), 2017. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2017. Building resilience for peace and food security*. Rome, Food and Agriculture Organization.

INEI/MINAM, 2013. *Resultados Definitivos: IV Censo Nacional Agropecuario – 2012*. Instituto Nacional de Estadística e Informática / Ministerio del Ambiente. Lima, INEI / MINAM.

World Meteorological Organization, 2017 (2017). *Mid-term Review of the global framework for climate services*. Gerlak, A. K., Zack, G. Knudson, C.

World Economic Forum, 2018. *The Global Risks Report. 13th edition, WEF, Geneva, 2018*.



# WMO Archive of Weather and Climate Extremes

By **Randy Cerveny**, President's Professor<sup>1</sup> of Geographical Sciences, Arizona State University, Tempe, Arizona, USA, WMO Rapporteur of Weather & Climate Extremes

In 2005, the television coverage of Hurricane Katrina, a deadly tropical cyclone that hit the North American coast near New Orleans, was both heartbreaking and enthralling to view. As I watched, I was struck by a comment that I heard several times from different reporters: “This is the worst hurricane of all time.” Immediately, as an atmospheric scientist, I realized how false that statement was. For example, while Katrina was deadly with over 1 800 killed, the dreadful 1970 tropical cyclone that struck what was then called East Pakistan (now Bangladesh) had a massive death toll of 300 000 people. However, I also understood that an official death toll value or other information from an extreme weather event was something that was not easily uncovered or accessible to the general public. At that time, there was no comprehensive, and official, database of weather and climate extremes addressing the “hottest,” “coldest,” “windiest,” “deadliest” and other extremes of our planet.

I contacted several of my colleagues (Jay Lawrimore, Roger Edwards and Chris Landsea) and we wrote an article on what was then considered the best-known and accepted weather and climate extremes for Earth for the *Bulletin of the American Meteorological Society* (Cervený et al. 2006). In that article, we also advocated for the creation of an official global database of weather and climate extremes. Shortly after its publication, I received a call from Thomas Peterson, who later became President of the WMO Commission for Climatology (CCI). He asked me to present the CCI subgroup of which he was then chair with a proposal for an official WMO Archive of Weather and Climate Extremes. I did so and, in 2007, CCI established the WMO World Weather and Climate Extremes Archives ([wmo.asu.edu/](http://wmo.asu.edu/)).

One important question should be addressed before going into detail on the Archive: “Why do we actually need a world archive of weather extremes?” There are six major reasons:

- Probably most importantly, knowledge of our existing weather and climate extremes is critical in determining exactly how much and how fast our world’s climates are changing. Knowledge of extremes establishes our baselines so that we

can access exactly how our climate is changing. For example, in 2015, a massive heat wave along the peninsula coast of Antarctica led to the highest temperature (17.5 °C) ever recorded for the continental area of Antarctica and its nearby island (Skansi et al. 2017). Our Archive is being updated much more frequently than any of us in the early days of this Archive project thought possible.

- Knowledge of weather and climate extremes is critically important for medical and engineering concerns. For example, if a person is designing a building or bridge, knowing exactly how fast the wind speeds can actually reach is essential. Similar concerns exist with temperature and other weather variables. How hot can our temperatures reach? How cold? Our bodies operate within a specified set of conditions and the Archive helps to define those conditions.
- Our evaluation of world weather and climate extremes can sometimes advance our basic atmospheric sciences. For example, one of our recent investigations on the longest distance and duration lightning strikes has caused a long-standing fundamental meteorological definition of “lightning” to be rewritten (Lang et al. 2016).
- As mentioned above, there is a tendency for the media sometimes to “overhype” an event – particularly a weather event. We need official and accessible records of weather extremes to aid the media in putting weather events in proper perspective!
- Perhaps surprisingly to some, many locales actually commemorate and recognize the occurrence of major weather events. For example, a huge sign at Mount Washington Observatory in New Hampshire, USA, acknowledged their long-held record for the highest wind recorded (231 m/h or 372 km/h), only recently exceeded by a wind gust at a small island off Australia (see Courtney et al. 2012). Other locales have similar recognition of their extremes.
- Lastly, people in general are fascinated by weather and, in particular, they love weather extremes – the hottest, the coldest, the windiest and so on. So having a reliable list of these extremes helps foster people’s interest in weather. In particular since the inception of the WMO Archive of Weather and Climate Extremes, I have found that children love to hear about weather extremes. Grabbing kids’ interest in weather through these extremes promotes possible future careers in the atmospheric

1 Randy Cervený was awarded the title of President’s Professor in recognition of his contributions to undergraduate education.

sciences and ensures that we will have quality meteorologists and climatologists for the future.

However, while some individual countries have their own committees for determining national weather records, until 2007 there was nothing official for the world. The WMO Archive maintains official records of the world, hemispheric and regional extremes associated with a number of specific types of weather. Presently, the Archive lists extremes for temperature, pressure, rainfall, hail, wind, and lightning as well as two specific types of storms, tornadoes and tropical cyclones. One common weather variable, snowfall, is not listed because of potential issues in consistent official measurement around the world.

## Evaluation process

At the time of the Archive's creation, we expected that we might have to evaluate a new record every few years. Since 2007, we have actually evaluated more than fifteen potential records in a process that has become codified over the past decade.

Following an initial assessment of a new potential extreme and available evidence by the leadership of the CCI and the Rapporteur of Weather and Climate Extremes, an ad-hoc evaluation committee of international top atmospheric scientists is assembled. In the years since its inception, we have had committees comprised of scientists from countries including Argentina, Armenia, Australia, Bangladesh, Canada, China, Colombia, Cuba, Egypt, France, Germany, India, Israel, Italy, Japan, Kuwait, Libya, Mauritius, Mexico, Mongolia, Morocco, New Zealand, Pakistan, South Africa, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom, United States, Zimbabwe and several other Members of the WMO.

The members of these committees are selected for a range of specific expertise, including local climate knowledge, understanding of factors contributing to an extreme occurring at a particular location or specific climate phenomena for the world in general, and specialized knowledge. The Rapporteur, in conjunction with a committee member from the local area of the potential extreme and others, constructs a background report of the available information and data regarding the extreme observation. This report

includes specifics on the exact geographic position of the observation, the type of equipment used to make the observation (and specifics on its calibration, maintenance and operation), the synoptics (regional weather) of the event and any notable unusual or unique information concerning the observation. The committee reviews the report and discusses all aspects of the potential extreme, addressing five key questions:

1. Is there need for more raw data or documentation on this event to determine its validity or invalidity? Are there other data or other analyses corresponding to this time/place extreme event?
2. Are there any concerns as to equipment, calibration, measurement procedures, or other processes/procedures associated with the measurement of the event?
3. Are there any concerns associated with the nature of the event (massive continental high pressure) that would raise questions regarding the validity of the record?
4. Are there any other concerns associated with the event?
5. Fundamentally, does the documentation support or refute this current world weather record?

Thus far, such discussions have been via email with the Rapporteur as moderator. After their deliberations, the committee recommends a finding to the Rapporteur for final judgment and the observation is either accepted for inclusion into the Archive or dismissed.

## Famous records

A two-year investigation into the long-standing temperature observation of 56 °C recorded in 1922 at El Azizia, in then Italian-controlled Libya (El Fadli et al. 2013), was one of the most famous. An international committee of 13 scientists, including scientists from Italy and Libya, concluded that the observation was invalid because of an error in recording the temperature. The announcement followed a danger-fraught investigation during the 2011 Libyan revolution. The committee had five major concerns with the record:

- problematical instrumentation
- a likely inexperienced observer
- an observation site over an asphalt-like material that was not representative of the native desert soil
- poor matching of the extreme to other nearby locations
- poor matching to subsequent temperatures recorded at the site.

The committee concluded that the most compelling scenario for the 1922 event was that a new and inexperienced observer, not trained in the use of an unsuitable replacement instrument that could be easily misread, improperly recorded the observation and was consequently in error by about 7 °C. The announcement made world news. Following the press announcement on 13 September 2012, the WMO Extremes website traffic jumped from averaging 150 hits per day to over 24 000 hits over a three-day period. A secondary peak occurred four months later when the New York Times wrote a follow-up story on the announcement (Shimizu et al. 2014).

Several other investigations have garnered equal interest:

- A new record was accepted in 2011 for highest non-tornadic wind gust – A measurement of 408 km/h was made by an automatic recording station during Tropical Cyclone Olivia on 10 April 1996 at Barrow Island, Australia. The long-standing record had been 372 km/h, registered in April 1934 across the summit of Mount Washington, USA. The evaluation panel included members from Australia and from Mount Washington Observatory (Courtney et al. 2012).
- Two world rainfall records established in 2009 for La Réunion associated with the passage of the intense Tropical Cyclone Gamede in 2007 – First, an extreme rainfall rate of 3 929 mm over 72 hours recorded at Cratère Commerson became the world-record rainfall for that period. Second, a Cratère Commerson rain gauge registered a world-record rainfall total of 4 869 mm over a 4-day (96 hour) period (Quetelard et al. 2009).
- A Western Hemispheric record was established in 2012 for a hailstone of 0.879 kg or 1.9375 pounds (diameter: 203.2 mm 8.0 inches) that fell on 23 July 2010 in Vivian, South Dakota, USA. However,

A photocopy of the original observer's log sheet for Azizia in September 1922 showing the misplaced temperature values for the purported record temperature recorded on 22 September 1922.

the world's heaviest hailstone still remains the 1.02kg (2.25lb) hailstone that fell on 14 April 1986 in Gopalganj district, Bangladesh.

- A wave height record was accepted in 2014, specifically "Highest Significant Wave Height as measured by a Buoy" – A significant height of 19 metres (62.3 feet) was recorded by an automated buoy at 0600 UTC on 4 February 2013 in the North Atlantic Ocean. The recording buoy is a part of the Met Office (UK) Marine Automatic Weather Stations (MAWS) network. This extreme wave height value was recorded following the passage of a very strong cold front that produced winds up to 43.8 knots (22.5 m/s or 50.4 mph).
- Two records were accepted in 2016 for (a) the longest reported distance and (b) the longest reported duration for a single lightning flash in, respectively, Oklahoma (United States of America) and southern France –The lightning flash over Oklahoma in 2007 covered a horizontal distance of 321 km (199.5 miles). The lightning event over southern France in 2012 lasted continuously for 7.74 seconds (Lang et al. 2016).
- Three new records for the highest temperatures recorded in the Antarctic Region were accepted



Maps indicating the geographic locations of the verified longest duration and longest distance lightning flashes for the Earth

by the WMO in 2017 –The highest temperature for the “Antarctica Region” (defined by the WMO and United Nations as all land and ice south of 60°S) of 19.8 °C (67.6 °Fahrenheit) was observed on 30 January 1982 at Signy Research Station, Borge Bay on Signy Island. The highest temperature for the “Antarctic continent” (defined as the main continental landmass and adjoining islands) is the temperature extreme of 17.5 °C (63.5 °F) recorded on 24 March 2015 at the Argentine Research Base Esperanza located near the northern tip of the Antarctic Peninsula. Thirdly, the highest temperature for the Antarctic Plateau [at or above 2500 meters (8202 feet)] was the observation of -7.0 °C (19.4 °F) made on 28 December 1980 at an Automatic Weather Station (AWS) site D-80 located inland of the Adélie Coast. The lowest temperature yet recorded by ground measurements for the Antarctic Region, and for the whole world, remained the record of -89.2 °C at Vostok station on 21 July 1983 (Skansi et al. 2017).

In 2017, an evaluation committee completed an in depth investigation of existing mortality records for five specific weather-related events in order to determine the highest documented death tolls associated with each event –The five identified and verified historical mortality extremes are the following:

- “Highest mortality (indirect strike) associated with lightning” - 469 people killed in a lightning-caused oil tank fire in Dronka, Egypt, on 2 November 1994
- “Highest mortality directly associated with a single lightning flash” - 21 people killed by a single stroke of lightning in a hut in Manica Tribal Trust Lands in Zimbabwe (at the time of incident, Rhodesia) on 23 December 1975
- “Highest mortality associated with a tropical cyclone” - an estimated 300 000 people killed directly as result of the passage of a tropical cyclone through Bangladesh (at time of incident, East Pakistan) of 12/13 November 1970
- “Highest mortality associated with a tornado” - an estimated 1 300 people killed by the 26 April 1989 tornado that destroyed the Manikganj district, Bangladesh
- “Highest mortality associated with a hailstorm” - 246 people killed as a result of a severe hailstorm occurring near Moradabad, India, on 30 April, 1888 (Cervený et al. 2017).

Currently, a couple of investigations are ongoing regarding very high temperatures in 2016 in Kuwait and Pakistan and extremely strong winds recorded over Japan in 2004.

## A living repository

A key consideration is that all extremes in the WMO Archive are accepted and listed until or unless critical evidence is presented to either refute an existing record or substantiate a new record. In other words, the Archive is a living repository. In a world undergoing climate change, new records are being made every day and it is the duty and responsibility of the Archive to ensure that the world’s records of weather and climate extremes are as complete, accurate, and up-to-date as possible. Indeed, since its inception, the WMO Archive is now routinely queried by other “record-keeping” entities, such as the Guinness Book of World Records, for our expertise involving weather records.

Study and adjudication of world weather and climate records has proven to be very useful activity for both the scientific community and general public. It has increased public awareness of the activities of WMO, and provided a valuable service to a variety of people and organizations outside of the atmospheric science community.

Within the global atmospheric science organization, the work of the WMO Archive has truly helped to advance the science. Through analysis of new extremes made possible by new technologies, such as our lightning distance and duration extremes, and through analysis of traditional data sources and instrumentation (such as the investigation of temperature and wind extremes), the investigations of the many scientists contributing to Archive allows us to reanalyse new, as well as past, weather records in much more detail and with greater precision than ever before. Fundamentally, the final result is an even better set of data for analysis of important global and regional questions involving climate change. With the continued support and incredible work of the many scientists comprising the multitude of ad hoc evaluation committees, the WMO will continue to set the standard for global monitoring and adjudication of weather and climate extremes.

## References:

- Cerveny, R.S. and Pierre Bessemoulin, Christopher C. Burt, Mary Ann Cooper, M.D., Zhang Cunjie, Ashraf Dewan, Jonathan Finch, Ronald L. Holle, Laurence Kalkstein, Andries Kruger, Tsz-cheung Lee, Rodney Martínez, M. Mohapatra, D.R. Pattanaik, Thomas C. Peterson, Scott Sheridan, Blair Trewin, Andrew Tait, M.M. Abdel Wahab, 2017: WMO Assessment of Weather and Climate Mortality Extremes: Lightning, Tropical Cyclones, Tornadoes, and Hail, *J. Wea. Clim. Soc.* [doi.org/10.1175/WCAS-D-16-0120.1](https://doi.org/10.1175/WCAS-D-16-0120.1)
- Cerveny, R.S., J. Lawrimore, R. Edwards, C. Landsea 2006: Extreme Weather Records: Compilation, Adjudication and Publication, *Bulletin of the American Meteorological Society* 88 (6): 853-860.
- Courtney, J., Steve Buchan, Randall S. Cerveny, Pierre Bessemoulin, Thomas C. Peterson, Jose M. Rubiera Torres, John Beven, John King, Blair Trewin, and Kenneth Rancourt, 2012: Documentation and Verification of the World Extreme Wind Gust Record: 113.3 m s<sup>-1</sup> on Barrow Island Australia during passage of Tropical Cyclone Olivia, *Australian Meteorological and Oceanographic Journal*, 62(1): 1-9.
- El Fadli, K, R.S. Cerveny, C.C. Burt, P. Eden, D. Parker, M. Brunet, T.C. Peterson, G. Mordacchini, V. Pelino, P. Bessemoulin, J.L. Stella, F. Driouech, M.M. Abdel wahab, M.B. Pace, 2013: World Meteorological Organization Assessment of the Purported World Record 58°C Temperature Extreme at El Azizia, Libya (13 September 1922), *Bulletin of the American Meteorological Society*. [doi: dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00093.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00093.1) (print version in Feb, 2013)
- Lang, T.J., Stéphane Pédeboy, William Rison, Randall S. Cerveny, Joan Montanyà, Serge Chauzy, Donald R. MacGorman, Ronald L. Holle, Eldo E. Ávila, Yijun Zhang, Gregory Carbin, Edward R. Mansell, Yuriy Kuleshov, Thomas C. Peterson, Manola Brunet, Fatima Driouech, and Daniel S. Krahenbuhl, 2016: WMO World Record Lightning Extremes: Longest Reported Flash Distance and Longest Reported Flash Duration, *Bulletin of the American Meteorological Society*, [dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0061.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0061.1)
- Quetelard, H., Bessemoulin, P., Cerveny R.S., Peterson, T.C., Burton, A., and Y. Boodhoo, 2009, World record rainfalls (72-hour and four-day accumulations) at Cratère Commerson, Réunion Island, during the passage of Tropical Cyclone Gamede, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(5): 603-608
- Shimizu, M., Randall S. Cerveny, Elizabeth A. Wentz, Kevin E. McHugh, 2014: Geographic and Virtual Dissemination of an International Climatic Announcement, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(7):987-989.
- Skansi, M. de Los Milagros, John King, Matthew A. Lazzara, Randall S. Cerveny, Jose Luis Stella, Susan Solomon, Phil Jones, David Bromwich, James Renwick, Christopher C. Burt, Thomas C. Peterson, Manola Brunet, Fatima Driouech, Russell Vose, and Daniel Krahenbuhl, 2017: Evaluating Highest Temperature Extremes for the Antarctic Region. *EOS Earth & Space Science News* (American Geophysical Union), 97: [doi.org/10.1029/2017EO068325](https://doi.org/10.1029/2017EO068325).

# Davantage de services climatologiques à l'appui de la sécurité alimentaire

Par **James Hansen**<sup>1</sup>, **Katiuscia Fara**<sup>2</sup>, **Kathryn Milliken**<sup>2</sup>, **Clement Boyce**<sup>3</sup>, **Ladislav Chang'a**<sup>4</sup>, **Erica Allis**<sup>5</sup>

Le Cadre mondial pour les services climatologiques (CMSC) permet aux secteurs et aux populations vulnérables de faire face et de s'adapter à la variabilité et à l'évolution du climat. Comment? En procurant des informations basées sur la science qui pourront être intégrées dans les plans, les politiques et les pratiques. Le CMSC veille à ce que le contexte décisionnel et les besoins des «utilisateurs» occupent une place centrale dans les activités d'élaboration. Cette manière de mettre au point les services climatologiques modifie les relations dynamiques entre le bénéficiaire et le prestataire, valorisant leurs savoirs respectifs et les engageant dans une démarche de coproduction. Il en va tout autrement dans la chaîne linéaire classique de production d'informations sur le temps et le climat, où les données sont recueillies, les informations élaborées et les produits transmis aux utilisateurs sans trop savoir si le résultat est de nature à faciliter la prise de décisions.

Fin 2013, plusieurs organismes<sup>6</sup> ont entrepris de valider le concept de CMSC avec l'appui du Ministère norvégien des affaires étrangères. Le Programme d'adaptation pour l'Afrique devait accroître la résilience des populations

les plus vulnérables face aux aléas météorologiques et climatiques grâce à la fourniture de meilleurs services en Tanzanie et au Malawi, au profit notamment de la sécurité alimentaire, la santé et la réduction des risques de catastrophe.

Cet article expose les enseignements qui ont été tirés de la partie du projet axée sur la sécurité alimentaire. Le Programme alimentaire mondial (PAM) et le Programme de recherche sur les changements climatiques, l'agriculture et la sécurité alimentaire (CCAFS) du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale ont codirigé ce volet du projet; les activités ont été mises en œuvre avec le Service météorologique de Tanzanie (TMA), le Département des changements climatiques et des services météorologiques (DCCMS) du Malawi et un éventail de partenaires nationaux et locaux.

## Des services climatologiques axés sur l'agriculture et la sécurité alimentaire

Les populations rurales de Tanzanie et du Malawi sont durement touchées par les impacts de la variabilité et de l'évolution du climat. Les intenses sécheresses et les terribles inondations survenues ces dernières décennies, conjuguées à l'irrégularité des pluies et à la modification des régimes de précipitation, ont accentué l'insécurité alimentaire et rendu plus difficile le relèvement après chaque événement. Le Programme ciblait les populations vulnérables souffrant d'insécurité alimentaire dans les districts de Longido, Kiteto et Kondoa en Tanzanie et dans les districts de Balaka et Zomba au Malawi. Quand c'était possible, les activités étaient associées à l'Initiative en faveur de la résilience des communautés rurales (R4) du PAM qui propose une méthode de gestion des dangers intégrant la microassurance, le crédit, l'épargne et la réduction des risques

1 Institut international de recherche sur le climat et la société, Institut de la Terre, Université Columbia, Palisades, NY, (États-Unis d'Amérique)

2 Programme alimentaire mondial, Rome, (Italie)

3 Département des changements climatiques et des services météorologiques, Blantyre, (Malawi)

4 Service météorologique de Tanzanie, Dar es Salaam, (Tanzanie)

5 Cadre mondial pour les services climatologiques, OMM

6 OMM (agent principal d'exécution), Programme alimentaire mondial, Organisation mondiale de la Santé, Fédération internationale des sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, Programme de recherche sur les changements climatiques, l'agriculture et la sécurité alimentaire, Centre de recherche international sur l'environnement et le climat, Institut Chr. Michelsen

## La compréhension des besoins des utilisateurs

Au début du Programme, en 2014, le PAM a coordonné dans les deux pays des consultations auprès des parties prenantes afin de savoir quelles informations climatologiques étaient fournies et comment elles parvenaient aux utilisateurs finals. Il a organisé séparément une série de consultations des citoyens, par le biais d'un exercice participatif de planification communautaire. Cela a permis de connaître les besoins en matière de services climatologiques, les moyens de communication souhaités, les prévisions météorologiques disponibles, la confiance qui leur était accordée et les catégories de produits qui apparaissaient les plus utiles. Par l'entremise du Centre mondial d'agrosylviculture, le CCAFS a enquêté auprès de 660 fermiers et consulté 85 sources privilégiées afin d'évaluer les informations dont ont besoin les agriculteurs et d'établir les niveaux de référence (Coulibaly *et al.*, 2015a,b). Les résultats des consultations des parties prenantes et de l'enquête d'évaluation ont été validés lors d'un atelier national de consultation sur la radio et les technologies de l'information et de la communication (Hampson *et al.*, 2015; Kaur *et al.*, 2015).

Les niveaux de référence et les conclusions de l'atelier ont guidé la mise au point des services climatologiques et des modes de diffusion requis pour atteindre les localités. L'enquête a aidé à définir une façon concertée et participative d'établir et de fournir les informations. Elle a précisé les produits climatologiques à communiquer en priorité aux agriculteurs et aux éleveurs, par exemple. Il est apparu que les membres de la population prenaient les décisions touchant les moyens de subsistance à la lumière de divers éléments: les prévisions saisonnières, la date de début des pluies, la probabilité de phénomènes extrêmes, la date de fin des pluies et la répartition intrasaisonnière des précipitations. Ils estimaient important que les informations leur parviennent plus rapidement et à l'échelle locale. Ils souhaitaient également recevoir des indications sur les meilleures décisions à prendre et les meilleurs choix à effectuer compte tenu des prévisions. Dans les deux pays, les modes de communication préférés étaient les services de vulgarisation agricole, la radio et la téléphonie mobile (surtout pour les femmes). Les entretiens ont révélé que les villageois continuaient d'utiliser le savoir ancestral pour prendre des décisions sur les cultures et autres moyens de subsistance, même s'ils reconnaissaient qu'il n'est pas toujours fiable. Dans la majorité des cas, une plus grande



confiance était accordée aux connaissances ancestrales qu'aux prévisions officielles du temps.

## La prestation des services climatologiques

Les agents de vulgarisation agricole, le personnel des Services météorologiques, les bénévoles de la Croix-Rouge et les autres intermédiaires ont reçu une formation sur l'obtention, l'analyse et la diffusion des informations climatologiques selon la méthode PICSA (approche participative des services climatologiques en faveur de l'agriculture). Élaborée par l'Université de Reading, cette méthode conjugue les informations locales sur le climat à des outils de planification personnalisés afin d'aider les exploitants à prendre des décisions en fonction des options et des risques. Lors d'un premier atelier, les fermiers évaluent leurs stratégies d'exploitation agricole et d'activités de subsistance par rapport aux risques climatiques; pour cela, ils dressent le bilan des ressources employées et établissent le calendrier des travaux saisonniers. Des séries de données climatologiques servent à expliquer la variabilité et les tendances du climat local et à calculer la probabilité que les conditions attachées aux différentes options de gestion soient réunies pendant le calendrier arrêté. Les fermiers cherchent des moyens de modifier leurs pratiques agricoles ou autres et précisent les risques, coûts, avantages et conditions de pluviosité qui leur sont associés. Juste avant le début de la saison de culture, les animateurs présentent les prévisions saisonnières, guident leur interprétation et les utilisent pour actualiser les calendriers dressés plus tôt en fonction des risques propres à l'espèce ou au cultivar. Les participants mettent à jour leurs plans et décident des aménagements à apporter pour la saison à venir. La méthode PICSA a été employée lors de cinq ateliers qui ont formé 325 intermédiaires dans les deux pays.





Cecilia Schubert (CCAFS)

À la formation des intermédiaires s'est ajoutée l'organisation de la fourniture des services par radio et SMS. Les organisations Fonds Radios Rurales et Radios Rurales Internationales ont été choisies comme partenaires pour élaborer et diffuser des émissions interactives sur les services climatologiques (Perkins *et al.*, 2015). La société Zodiac Broadcasting Station a été engagée au Malawi; 3 595 exploitants agricoles ont reçu des informations agroclimatiques par SMS en 2016 et quelque 5 000 fermiers en ont pris connaissance par des émissions de radio nationales. Le Fonds Radios Rurales a mis en place un mécanisme de retour d'information sur les services climatologiques par le biais d'une émission de radio nationale et d'une plate-forme SMS interactive. En Tanzanie, un service de SMS destiné aux populations rurales avait été lancé en 2012 par un partenariat réunissant le TMA, le CCAFS et l'Université d'agriculture Sokoine; il a été renforcé et élargi au sein du Programme, pour atteindre 6 000 abonnés – 10 fois plus que le nombre initial d'utilisateurs.

On s'est attaché à augmenter le nombre de femmes pouvant recevoir des informations climatologiques par la radio, les études préparatoires ayant révélé qu'elles disposaient d'un accès nettement moindre que les hommes à ce moyen de communication. Au Malawi, des groupes d'écoute d'émissions spécialisées ont été créés et dotés d'appareils radio à énergie solaire afin d'atteindre également les femmes. L'initiative a remporté un franc succès et les membres des groupes d'écoute étaient considérés comme des «experts du climat local» car ils transmettaient les principaux messages communiqués à la radio.

## La coproduction de l'information climatologique

L'une des innovations a été l'organisation dans les districts de Journées de planification et de révision, au titre de la démarche de coproduction. Une diversité d'acteurs participaient à ces journées, tenues après la parution d'une prévision saisonnière. Les services de district, le personnel du SMHN, les agents de vulgarisation agricole et les autres parties prenantes à l'échelon des localités et des districts préparaient ensemble les messages à transmettre aux communautés souffrant d'insécurité alimentaire, accompagnés d'un ensemble d'options (avis), avant le début de chaque saison agricole. C'était aussi l'occasion d'évaluer les progrès et d'indiquer au SMHN les améliorations à apporter aux services procurés à la population. De telles journées ont eu lieu au Malawi en octobre et en novembre 2015, et en Tanzanie en décembre 2016.

La méthode PICSA requiert absolument des données historiques. Lorsqu'elles étaient insuffisantes ou inadéquates, les SMHN ont récupéré les relevés anciens, ont contrôlé leur qualité et les ont numérisés. À partir des données passées, ils ont déterminé les caractéristiques du climat dans les districts et ont présenté leurs analyses aux intermédiaires, puis aux fermiers, dans le but d'aider ceux-ci à comprendre le climat local. L'Université de Reading a prêté son concours à ces travaux. En Tanzanie, le personnel du TMA a reçu une formation sur les meilleurs outils de réduction d'échelle des prévisions saisonnières, dont l'outil PCT (prévisibilité du climat) de l'Institut international de recherche sur le climat et la société. Depuis 2014, les prévisions pour la saison des pluies font l'objet d'une réduction d'échelle dans cinq districts de Tanzanie. Au Malawi, le DCCMS a réduit l'échelle des prévisions saisonnières nationales au profit de 27 des 28 districts du pays, avec actualisation des prévisions de district à la mi-saison. Il voulait, en établissant des prévisions adaptées et localisées pour le district de Balaka, répondre à la demande de prévisions saisonnières plus fiables et plus précises formulée par les utilisateurs.

## Résultats

Le CCAFS et le PAM ont demandé à la société *Statistics for Sustainable Development* d'évaluer en toute indépendance l'utilité des activités liées aux services climatologiques par rapport aux besoins des agriculteurs

et des éleveurs. Pour leur part, le Centre de recherche international sur l'environnement et le climat (CICERO) et l'Institut Chr. Michelsen se sont chargés du suivi et de l'évaluation de l'ensemble du Programme.

### Les services climatologiques ont guidé les décisions

Bien que l'accès à l'information climatologique et les modes de communication aient varié d'un emplacement à l'autre, la majorité des fermiers participants ont indiqué avoir changé au moins une de leurs décisions (tableau 1). Au Malawi, 97 % des répondants de la population témoin ont déclaré avoir apporté des modifications à leurs cultures, troupeaux ou autres moyens de subsistance d'une saison à l'autre. Ce chiffre était de 52 % en Tanzanie, mais avec de nets écarts entre les trois districts: 70 % des répondants à Kiteto et 68 % à Kondoa avaient modifié leurs décisions en fonction des services climatologiques, seulement 8 % à Longido.

L'information climatologique servait surtout à la gestion des cultures. Dans le district de Balaka, au Malawi, sept agriculteurs sur huit ont indiqué avoir opté pour une variété de maïs plus précoce en raison de la climatologie locale. Peu d'éleveurs ont tenu compte de l'information climatologique, comme le montre le faible pourcentage de répondants dans le district tanzanien de Longido. L'exercice de surveillance et d'évaluation du Programme dirigé par CICERO en Tanzanie pourrait apporter une réponse. Lors des entretiens à Longido, les agents de vulgarisation ont indiqué qu'ils n'avaient pas fourni les prévisions saisonnières pendant la formation PICSA, comme c'était prévu, estimant qu'elles étaient constamment inexactes (West *et al.*, 2018). Une autre explication possible est le fait que le projet a débuté dans ce district avant que soient intégrées les journées de planification et de révision destinées à traduire et adapter les prévisions saisonnières. Quoiqu'il en soit, ce résultat montre la nécessité de procurer des orientations ou avis très précis aux éleveurs.

Le rapport CICERO met en évidence l'importance de tenir compte des limites que les conditions sociales imposent à l'adaptation et rappelle que l'information climatologique seule n'induit pas toujours un changement de comportement (West *et al.*, 2018). Ainsi, certains agriculteurs ont refusé de changer de variété de culture quand les espèces de remplacement étaient impropres à la consommation humaine (West *et al.*, 2018).



Les résultats étaient différents au Malawi. Après la formation PICSA, les fermiers avaient obtenu un meilleur rendement de leur exploitation en adoptant les semences hybrides, les méthodes de paillage et les techniques d'agriculture de conservation. Il semble que les éleveurs aient commencé à vacciner le bétail et à consulter davantage les vétérinaires après avoir reçu des informations climatologiques par radio ou texto.

*«[Les interventions] m'ont surtout ouvert l'esprit, je comprends maintenant comment évolue le temps et je peux planifier en conséquence.»*

Extrait d'un entretien, étude de cas au Malawi

*«Je sais que j'ai survécu [aux mois de famine] parce que j'ai cultivé plusieurs variétés de plantes.»*

Extrait d'un entretien, étude de cas au Malawi

### Les services climatologiques ont amélioré l'agriculture de subsistance

La majorité des fermiers qui avaient reçu la formation PICSA et les informations climatologiques estimaient que leur famille vivait mieux. Beaucoup percevaient davantage leur exploitation comme une entreprise et avaient plus d'assurance dans leurs décisions touchant l'agriculture et les moyens de subsistance (tableau 1). Parmi les avantages mentionnés figuraient l'augmentation de la production et des revenus, la possibilité d'accéder aux soins et à l'instruction, la réduction du temps de travail comme journalier sur d'autres exploitations et le statut rehaussé à l'intérieur de la communauté et du foyer. Dans le district de Balaka, les fermiers ont indiqué que leurs voisins les admiraient parce qu'ils avaient obtenu un certain rendement, aussi minime soit-il, une année où beaucoup n'avaient rien récolté du tout.

«Je peux dire que [l'initiative] a modifié le rendement parce que si j'avais encore planté le maïs local la saison dernière, je n'aurais même pas récolté un sac.» Extrait d'un entretien, étude de cas au Malawi

«Après avoir vendu une partie de mon troupeau de race locale, j'ai acheté des vaches boran qui ont commencé à produire plus de lait. J'ai aussi utilisé l'argent de la vente pour construire une maison avec des toilettes.» Extrait d'un entretien, étude de cas à Longido



Alors que plus de femmes que d'hommes indiquaient mettre à profit la formation sur les produits climatologiques pour prendre des décisions, plus d'hommes que de femmes rapportaient une amélioration des conditions de vie de la famille. Il est possible que l'explication se trouve dans l'accès aux ressources et à la prise de décisions au sein des ménages – très souvent, les hommes peuvent investir davantage de ressources et accéder plus facilement aux marchés et aux biens (semences de qualité) que les femmes.

### L'efficacité des modes de communication

Les villageois ont trouvé les émissions de radio spécialisées très utiles, surtout la présence d'experts invités qui donnaient des conseils et répondaient aux questions. La coproduction des informations a mis à contribution le personnel des SMHN, les experts du Ministère de l'agriculture et des services de vulgarisation, les membres du PAM et les spécialistes de Radios Rurales. Les enquêtes sur le terrain réalisées par le PAM ont montré que la création de groupes pour garantir que les femmes pourraient écouter les émissions de radio était une très bonne façon de transmettre l'information.

Tableau 1. Proportion d'agriculteurs/éleveurs ayant indiqué que la formation PICSA avait eu une incidence sur la gestion de l'exploitation et le bien-être de la famille. Source: Stats4SD (2017).

Changement imputé à la formation PICSA	Malawi (n=193)	Tanzanie (n=611)
Modification de la gestion des cultures, troupeaux ou moyens de subsistance	97 %	52 %
Modification de la gestion des cultures	96 %	33 %
Modification de la gestion des troupeaux	47 %	25 %
Modification des activités de subsistance	22 %	8 %
Plus grande capacité de faire face aux mauvaises saisons dues au temps	80 %	88 %
Amélioration de la sécurité alimentaire du ménage	77 %	83 %
Hausse des revenus du ménage	80 %	85 %
Plus grande assurance dans les décisions touchant l'exploitation et les moyens de subsistance	98 %	94 %
Vision plus commerciale de l'activité agricole	92 %	80 %
Statut rehaussé dans la communauté	84 %	83 %
Statut rehaussé dans le foyer	84 %	85 %
Mise en commun des informations et apprentissage avec les pairs	85 %	88 %



Cecilia Schubert (CCAFS)

## Les enseignements

Tant les succès remportés que les difficultés rencontrées au cours de la première phase du Programme d'adaptation pour l'Afrique offrent des enseignements utiles.

Un seul exercice de consultation et de détermination des attentes s'est avéré insuffisant pour adapter les services aux besoins des populations vulnérables. Les réponses apportées se sont centrées sur les produits climatologiques généraux et n'ont pas mis en avant des produits ou des modes de communication nouveaux ou améliorés. Il importe d'exécuter à intervalle régulier des exercices de coconception afin de déceler l'évolution de la compréhension des services climatologiques par les utilisateurs.

Les mécanismes de coproduction des services climatologiques aux échelles voulues ont manqué d'efficacité et de continuité au début de l'exécution. L'organisation des Journées de planification et de révision et l'élaboration des messages pour la radio sont de bons exemples d'une collaboration fructueuse. Le Programme n'a pourtant donné lieu qu'à un léger changement des modes de prestation des services par les deux SMHN participants.

Les petits exploitants bénéficient maintenant de services climatologiques qui leur offrent la possibilité d'agir. La coconception reste utile pour améliorer la compréhension des prévisions. Toutefois, les SMHN pourraient envisager de réétalonner les produits des modèles et de diffuser les résultats des vérifications de la qualité afin de résoudre les préoccupations liées à l'exactitude. Il est également recommandé d'intégrer le savoir traditionnel afin de favoriser la confiance dans les produits (West *et al.*, 2018; Kakota *et al.*, 2016).

Il n'est pas facile pour un SMHN de fournir régulièrement des prévisions du climat et des informations historiques sur un emplacement précis qui répondent aux attentes des agriculteurs et intègrent les modes de communication participative. Les deux SMHN ont eu de la difficulté à traiter et analyser les relevés historiques de stations pour recueillir les informations qu'exige la méthode PICSA. L'insuffisance de longs relevés numérisés de qualité contrôlée a empêché d'offrir dans un plus grand nombre de villages des services climatologiques adaptés aux besoins des fermiers, à l'échelle locale où se prennent les décisions. Des capacités et ressources sont nécessaires pour parvenir à l'échelle voulue.

Les mécanismes de participation structurés, comme la méthode PICSA, permettent aux populations de comprendre les prévisions saisonnières et les informations historiques, mais l'application à plus grande échelle exige beaucoup d'efforts et d'investissements. Quoique la méthode PICSA soit un outil intéressant, elle exige d'être adaptée au contexte local et au calendrier des activités saisonnières, puis affinée tout au long de la saison de culture selon les observations communiquées par les utilisateurs. Par ailleurs, dans les pays qui ne disposent pas d'un solide service de vulgarisation agricole, il est crucial de faire appel à des intermédiaires tels les bénévoles de la Croix-Rouge, comme cela a été fait au Malawi et en Tanzanie. L'apprentissage se fait mieux quand la population participe à la définition du plan de la formation.

Le projet conduit au Malawi et en Tanzanie a montré que la radio permettait d'atteindre une population assez vaste sans trop d'investissements et devrait être envisagée plus souvent pour procurer les services climatologiques. Les émissions interactives sont un bon moyen de sensibiliser et d'informer aux échelles de temps de la météorologie.



Cecilia Schubert (CCAFS)

L'intégration des services climatologiques dans d'autres activités de gestion des risques et de renforcement de la résilience peut accroître l'efficacité globale des mesures d'adaptation. Ainsi, les fermiers qui bénéficiaient de l'initiative R4 au Malawi ont reçu un ensemble de services de gestion des risques comprenant également des informations sur le climat. L'accès élargi à ce genre d'informations, aux nouvelles pratiques et aux outils récents permet aux agriculteurs de prendre des décisions qui préserveront leurs moyens de subsistance face aux risques futurs.

Enfin, le projet a rappelé quelques principes fondamentaux des services climatologiques – entreprise interdisciplinaire dans laquelle les partenariats sont cruciaux. Si certains partenaires ignorent au départ la nature des services en question, les agents d'exécution doivent consacrer très tôt du temps à expliquer les notions pertinentes et les liens entre diverses activités. La planification conjointe aide à faire comprendre la boucle de coproduction aux fournisseurs d'informations climatologiques, aux intermédiaires qui acheminent ces dernières et aux organisations qui permettent aux groupes cibles d'y accéder. La coproduction, quand elle est réussie, fait en sorte que les liens d'interdépendance sont constamment améliorés et privilégiés. Elle facilite aussi l'orientation de la culture institutionnelle vers la prestation de services aux échelles de temps voulues pour que les populations puissent s'adapter au changement climatique.

### Les prochaines étapes

La deuxième phase du Programme d'adaptation du CMSC a été lancée en septembre 2018 au Malawi et en Tanzanie. Prenant appui sur les réussites et les enseignements de la phase précédente, elle visera à mettre en pratique les cadres nationaux pour les services climatologiques et à renforcer la résilience à l'égard des risques liés au temps et au climat. Les capacités des acteurs qui contribuent à la coproduction des services climatologiques (fournisseurs, intermédiaires, utilisateurs finals, etc.) seront élargies afin que, par leur collaboration, les populations vulnérables reçoivent des informations qui favorisent la prise de décisions éclairées quand se profile un risque de nature climatique.

*Les références bibliographiques figurent dans la version en ligne.*

# La formation en météorologie à l'ère du numérique: ébauche d'un nouveau programme éducatif

Par **Andrew Charlton-Perez**<sup>1,2</sup>, **Sally Wolkowski**<sup>3</sup>, **Nina Brooke**<sup>4</sup>, **Helen Dacre**<sup>1</sup>, **Paul Davies**<sup>5</sup>, **R. Giles Harrison**<sup>1</sup>, **Pete Inness**<sup>1</sup>, **Doug Johnson**<sup>6</sup>, **Elizabeth McCrum**<sup>7</sup> et **Sean Milton**<sup>5</sup>

Le milieu du XXI<sup>e</sup> siècle sera déterminant pour les professions de la météorologie. Les effets de l'évolution du climat seront indéniables et progresseront dans la plupart des régions (Hawkins et Sutton, 2012). La hausse probable de la fréquence et de l'intensité des phénomènes extrêmes (GIEC, 2012) donnera à la prévision du temps une importance inégalée. La météorologie apportera des bienfaits précieux à la société en offrant des produits toujours plus exacts (Bauer *et al.*, 2015). L'essor du secteur des énergies renouvelables (Frei *et al.*, 2013), par exemple, exigera des prévisions fiables à des échelles temporelles allant de quelques jours à plusieurs saisons.

Les ordinateurs ultrapuissants et les nouvelles technologies – calcul quantique (Debnath *et al.*, 2016), création de denses réseaux de capteurs environnementaux en temps réel exploitant la connectivité Internet, etc. – contribueront à affiner la prévision et la compréhension de l'atmosphère. La capacité de profiter pleinement de ces possibilités et de lever les difficultés dépendra en partie de la qualité de la formation donnée aux générations futures.

La météorologie a élaboré d'excellentes pratiques novatrices, mais le temps est venu de réexaminer la nature du programme éducatif dans ce domaine.

Les compétences et les aptitudes attendues des météorologistes diffèrent, en général, selon que l'on offre un enseignement universitaire ou une formation continue (souvent définie par les Services météorologiques et les prestataires externes). Une excellente occasion d'élaborer un programme cohérent et adapté à toutes les formes d'apprentissage est ainsi perdue. En vue d'y remédier, l'Université de Reading et le Service météorologique britannique ont entrepris d'ébaucher un programme éducatif complet en météorologie. Les compétences et les aptitudes qui y figurent valent pour toutes les formes d'apprentissage, cours universitaires, perfectionnement professionnel ou apprentissage individuel en ligne.

## Des principes communs

Quatorze principes fondamentaux devraient sous-tendre la formation des nouveaux venus en météorologie au cours des 10 prochaines années. Un programme éducatif basé sur ces principes aiderait à transmettre les compétences et les aptitudes dont auront besoin les météorologistes au début de leur vie professionnelle come au moment d'accéder à des postes de direction. Il est particulièrement tenu compte de la souplesse qu'exigeront les futures carrières et de la nécessité d'offrir une formation polyvalente, générique et facile à actualiser. (Nous ne pouvons exposer ici les discussions tenues en groupe sur les quatorze domaines retenus. Il est possible toutefois de consulter en ligne la version intégrale de cet article (DOI: 10.17864/1926.78851) qui présente le détail des délibérations.)

1 Department of Meteorology, University of Reading, Reading, Berks, (Royaume-Uni)

2 Auteur principal, [a.j.charlton-perez@reading.ac.uk](mailto:a.j.charlton-perez@reading.ac.uk), Lyle Building, Department of Meteorology, Whiteknights, Reading, RG6 6BB, (Royaume-Uni)

3 Met Office College, Met Office, FitzRoy Road, Exeter, Devon, (Royaume-Uni)

4 Center for Quality Support and Development, University of Reading, Reading, Berks, (Royaume-Uni)

5 Met Office, FitzRoy Road, Exeter, Devon, (Royaume-Uni)

6 Applied Science and Scientific Consultancy, Met Office, FitzRoy Road, Exeter, Devon, (Royaume-Uni)

7 Vice Chancellor's Office and Institute of Education, University of Reading, Reading, Berks, (Royaume-Uni)

La formation devrait préparer le météorologiste à:

1. Occuper alternativement, ou simultanément, les fonctions rattachées à la recherche-développement, à la prestation de services opérationnels et à la fourniture de conseils;
2. Maîtriser et manier aisément les notions météorologiques et climatologiques à diverses échelles temporelles, allant de quelques jours à des décennies;
3. Veiller à son propre perfectionnement continu et faciliter le développement personnel des collègues;
4. S'adapter à l'évolution du monde du travail et des ressources et relever les nouveaux défis avec confiance;
5. Faire preuve d'esprit critique lors de l'évaluation des textes scientifiques;
6. Connaître les avantages et les possibilités qu'offre la libre diffusion du savoir scientifique, des logiciels et des données;
7. Mettre au point des logiciels transparents, robustes et solidement étayés au profit de la science;
8. Travailler au sein d'équipes qui élaborent des modèles scientifiques et des systèmes de modélisation en vue d'estimer les effets concrets de la variabilité du temps;
9. Analyser et évaluer les informations que procurent les observations et les mesures;
10. Maîtriser la conception d'outils statistiques et l'application d'un «raisonnement statistique» dans le domaine atmosphérique;
11. Garantir le respect des règles de qualité et des normes de fonctionnement dans des systèmes toujours plus automatisés;
12. Comprendre et communiquer avec efficacité les risques et les incertitudes;

13. Expliquer avec clarté le fruit de son travail lorsque les prévisions ou les interprétations divergent;

14. Interpréter le fruit de son travail à la lumière du changement climatique.

Il serait irréaliste de penser que chaque compétence peut faire l'objet d'un enseignement aussi poussé à chaque étape de la formation en météorologie, faute de temps et d'expertise. D'où la nécessité de reconnaître que l'apprentissage se fait par divers moyens et sous différentes formes et l'importance de définir une série de principes auxquels adhèrent tous les enseignants et formateurs. L'accréditation professionnelle décernée par les sociétés météorologiques peut et doit jouer un rôle majeur dans cette approche intégrée. L'ébauche de programme ne s'attarde pas sur les matières essentielles des sciences de l'atmosphère que sont la météorologie, les mathématiques et la physique. Il en est amplement question, par exemple, dans le *Guide sur l'application de normes d'enseignement et de formation professionnelle en météorologie et en hydrologie* (OMM, 2015) et dans des ouvrages similaires de la Société américaine de météorologie et de la Société royale de météorologie.

### Concrétiser les principes

Nous pensons possible d'élaborer des programmes éducatifs en météorologie compatibles avec ces principes qui plairont et profiteront aux étudiants comme aux enseignants de toutes les institutions, après quelques aménagements pédagogiques. Le recours à l'apprentissage par l'investigation permettrait de conjuguer l'enseignement des aptitudes de base sous-jacentes aux principes et l'enseignement des matières fondamentales de la météorologie. Allier ces approches avec des cours théoriques et des travaux pratiques offrirait sans doute une efficacité optimale dans la plupart des contextes.

### Pourquoi privilégier l'apprentissage par l'investigation?

Dans cette méthode pédagogique, l'étudiant apprend en réalisant sa propre analyse d'une question. Le rôle de l'enseignant est crucial et le cadre d'intervention doit correspondre aux objectifs d'apprentissage. Une certaine souplesse est toutefois nécessaire pour atteindre

des buts plus larges, tels la responsabilité personnelle, l'intérêt et la prise en main d'un problème.

L'expérience montre qu'il est particulièrement important de proposer aux étudiants des problèmes qui ont un sens véritable. Diverses méthodes d'évaluation plus ou moins formelles devraient être prévues et les activités devraient amener les étudiants à passer tour à tour du rôle d'utilisateur à celui de créateur d'informations.

L'apprentissage actif par l'investigation est un bon moyen d'acquérir des connaissances spécialisées, mais aussi les compétences plus larges décrites dans l'ébauche de programme éducatif (Hmelo-Silver *et al.*, 2007; Deslauriers *et al.*, 2011).

À l'Université de Reading, par exemple, l'approche par investigation sert à étudier la cellule de Hadley. Les étudiants sont invités à utiliser le modèle de Held et Hou (1980) pour réaliser des expériences qui leur permettront de comprendre le rôle du cycle saisonnier dans la détermination de la largeur de la cellule. Tandis qu'ils approfondissent leurs connaissances dans le domaine de la dynamique de l'atmosphère, ils font preuve d'esprit critique lorsqu'ils analysent l'article scientifique initial (principe 5), élaborent un logiciel robuste et transparent (principe 7) et facilitent le développement personnel des collègues (principe 3) par l'échange d'observations et de commentaires.

L'apprentissage par l'investigation n'est pas sans difficulté en météorologie (Edelson *et al.*, 1999): motivation personnelle, accès aux techniques d'investigation, connaissances de base dans le groupe d'étudiants, prise en main d'activités de longue haleine et restrictions matérielles et logistiques. Il a été démontré que l'appui offert par un tuteur, un mentor ou le chef de service était crucial et permettait de dépasser ces obstacles.

## Les perspectives

Cet article voulait ouvrir le débat sur la meilleure façon de préparer les futurs météorologistes à l'ère du numérique et nous serions heureux qu'il suscite des échanges. En tant que département d'université et établissement de formation, nous avons esquissé un programme éducatif pour l'enseignement universitaire et pour la formation professionnelle dans le domaine des sciences de l'atmosphère; nous espérons qu'il alimentera la réflexion au sein d'autres organismes. Par rapport à cette ébauche, nos propres programmes doivent être aménagés afin de répondre à nos aspirations et aux besoins des étudiants. En continuant de travailler ensemble, nous comptons affiner et harmoniser plus avant nos différents programmes. Nous accueillons toujours avec plaisir les possibilités d'apprendre de nos collègues dans le monde entier et de collaborer avec eux, grâce aux initiatives de l'OMM telles que le Colloque sur l'enseignement et la formation professionnelle organisé en octobre 2017 à Bridgetown, Barbade.

*Les références bibliographiques figurent dans la version en ligne.*





# Pruebas Selectivas para el Acceso al Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado

Tercer Ejercicio  
Parte A

Turno Libre

30 de octubre de 2019





### Matemáticas. Problema 1

1.1. Sea el campo vectorial  $\vec{F}(x, y, z) = 2x\vec{i} + y^2\vec{j} + z^2\vec{k}$ . Calcule:

$$\iint_S \vec{F} \cdot \vec{dS}$$

donde  $S = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \mid x^2 + y^2 + z^2 = 1\}$

[2 puntos]

1.2 Sea el campo vectorial  $\vec{F}(x, y, z) = 4y\vec{i} + x\vec{j} + 2z\vec{k}$ . Calcule:

$$\iint_S \nabla \times \vec{F} \cdot \vec{dS}$$

donde  $S = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \mid x^2 + y^2 + z^2 = a^2, z \geq 0, a \in \mathbb{R}\}$

[2 puntos]

1.3 Sea el campo vectorial  $\vec{F}(x, y) = (xy^2, y + x)$ . Calcule la integral de la expresión

$$(\nabla \times \vec{F}) \cdot \vec{k}$$

sobre la superficie  $S = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid x^2 \leq y \leq x, x \geq 0, y \geq 0\}$

[2 puntos]

1.4 Sea el campo vectorial  $\vec{F}(x, y, z) = (axy - z^3, (a - 2)x^2, (1 - a)xz^2)$ , con  $a \in \mathbb{R}$ , calcule los valores de  $a$  para los que el campo vectorial  $\vec{F}$  es el gradiente de una función potencial. Calcule la función potencial en estos casos.

[2 puntos]

1.5 Calcule y clasifique los puntos críticos de la función  $F(x, y) = xe^{-x} + ye^{-y}$

[2 puntos]



## Matemáticas. Problema 2

Se realizan numerosas simulaciones con un modelo numérico que refleja el comportamiento del Sistema Climático. Estas simulaciones se han empleado para hallar la probabilidad de que un determinado otoño sea considerado lluvioso en España. Para ello, se ha diseñado el índice de *Pluviosidad Otoñal en España (POE)* que caracteriza esta magnitud. Por otra parte, se sospecha que existe un fenómeno en el Atlántico Tropical que puede afectar en gran medida a la pluviosidad otoñal en España y para investigar su influencia se diseña un índice que caracteriza el fenómeno, el índice de *Calentamiento del Atlántico Tropical (CAT)*.

Estos nuevos índices se definen de la siguiente manera:

- $0 \leq POE \leq 1$ , donde 0 caracteriza un otoño extremadamente seco y 1 un otoño extremadamente lluvioso.
- $0 \leq CAT \leq 1$ , donde 0 caracteriza el Atlántico Tropical extremadamente frío y 1 extremadamente cálido.

Tras la ejecución de numerosas simulaciones, se obtiene que la función de densidad conjunta viene dada por la expresión:

$$f(CAT, POE) = \begin{cases} CAT + POE & POE \in [0,1] \text{ y } CAT \in [0,1] \\ 0 & \text{en el resto} \end{cases}$$

Se pide:

**2.1** Demuestre que  $f(CAT, POE)$  es función de densidad. **[1 punto]**

**2.2** Calcule las esperanzas matemáticas, las varianzas y los coeficientes de variación de ambos índices.  
**[1 punto]**

**2.3** Obtenga la probabilidad de que el índice  $CAT \geq 0.7$  y el índice  $POE \geq 0.5$  **[1 punto]**



TERCER EJERCICIO, PARTE A

---

- 2.4** Obtenga la función de densidad del índice  $POE$  condicionada a un índice  $CAT = 0.5$   
**[1 punto]**
- 2.5** ¿Son ambos índices independientes entre sí? Razone su respuesta. **[1 punto]**
- 2.6** ¿Podría usar el índice  $CAT$  como modelo estadístico-predictivo para conocer el carácter pluviométrico del otoño en España? Razone su respuesta. **[2 puntos]**
- 2.7** ¿Cuál sería el valor esperado del índice  $POE$  para un valor del índice  $CAT = 0.2$ ?  
**[3 puntos]**



### Matemáticas. Problema 3

3.1 Resuelva el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{3yx}{2t^2} + 2\frac{z}{x} & x(t=1) = 1 \\ \frac{dy}{dt} = -2\frac{y}{t} - \frac{3}{2} + z & y(t=1) = -\frac{1}{3} \\ \frac{dz}{dt} = -2z + 1 & z(t=0) = \frac{1}{2} \end{cases}$$

[6 puntos]

3.2 Determine la solución general del siguiente sistema de ecuaciones diferenciales:

$$A' = \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 2 & -2 \end{pmatrix} A + \begin{pmatrix} t \\ 0 \end{pmatrix}$$

donde  $A(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix}$

[4 puntos]



### **Física. Problema 1**

En un modelo muy simplificado, la Tierra puede suponerse un conductor perfecto y su atmósfera como una capa con densidad de carga que varía con la altura de la forma:

$$\rho(z) = \rho_0 e^{-z/a}$$

donde  $z$  es la altura medida desde la superficie terrestre y  $a$  un espesor de la atmósfera típico mucho menor que el radio terrestre  $R_T$ . El campo eléctrico y el potencial pueden considerarse nulos cuando  $z$  tiende a infinito.

Se pide:

**1.1** Determinar las expresiones del campo eléctrico y del potencial en la atmósfera y en el interior de la Tierra.

**[3 puntos]**

**1.2** Calcular la carga almacenada en la superficie terrestre. Determine la expresión de la capacidad del sistema Tierra-atmósfera.

**[3 puntos]**

**1.3** Determinar la expresión de la energía electrostática almacenada en la atmósfera. Compare la expresión de esta energía electrostática con la de la energía electrostática almacenada en un condensador. ¿A qué se debe la diferencia?

**[2 puntos]**

**1.4** Se desea modelizar la atmósfera como una superficie con densidad superficial de carga situada a una distancia  $b$  del centro de la tierra. ¿Cuál es el valor de la distancia  $b$  para el que la energía electrostática y la carga toman los valores previamente calculados?

**[2 puntos]**

Datos:

$$a = 3 \text{ km} ; \rho_0 = 3\rho \text{ C/m}^3 ; R_T = 6370 \text{ km} ; \epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$



## **Física. Problema 2**

Una partícula de masa  $m$  se encuentra en movimiento circular sometida a la fuerza central  $\vec{F}_c = -k_1 \vec{r}$ . Además, la partícula se encuentra sometida a la fuerza de fricción  $\vec{F}_f = -k_2 \vec{v}$ . Inicialmente, la partícula se encuentra a una distancia  $\vec{r}_0$  del centro con velocidad de módulo  $v_0$ .

Determine las siguientes expresiones:

**2.1** La velocidad  $v_0$  [1 punto]

**2.2** La variación con el tiempo del momento angular. [1 punto]

**2.3** La variación con el tiempo de la distancia  $r$  al centro, si se supone la velocidad angular constante.

[2 puntos]

Suponga ahora una partícula de masa  $m$  en movimiento sometida exclusivamente a la acción del potencial  $V(r) = k_3 r^4$  con  $k_3 > 0$

**2.4** Determine las expresiones de la energía y del momento angular para las que la órbita descrita por la partícula corresponde a una circunferencia de radio  $a$  con centro en el origen.

[2 puntos]

**2.5** Calcule el periodo del movimiento circular que describe la partícula. [1.5 puntos]

**2.6** Si se perturba ligeramente ese movimiento circular en dirección radial, ¿cuál será el periodo de las pequeñas oscilaciones radiales alrededor de  $r = a$ ?

[2.5 puntos]





### **Física. Problema 3**

Las presiones de vapor de una sustancia en fase sólida ( $p_s$ ) y en fase líquida ( $p_l$ ) vienen dadas por las expresiones:

$$\log_{10} p_s = 9.415 - \frac{1868}{T}$$

$$\log_{10} p_l = 7.810 - \frac{1451}{T}$$

donde las presiones de vapor se expresan en *mmHg* y la temperatura  $T$  en *K*.

Determine:

- 3.1** La temperatura de ebullición del líquido a 1 atmósfera de presión. **[1.5 puntos]**
- 3.2** La temperatura y la presión del punto triple. **[2.5 puntos]**
- 3.3** Los calores latentes de vaporización, sublimación y fusión. **[4 puntos]**
- 3.4** Las variaciones de entalpía ( $\Delta H$ ) y de entropía ( $\Delta S$ ) en el proceso de sublimación de *0.4 moles* de la sustancia a *230 K*. **[2 puntos]**



**Pruebas Selectivas para el Acceso  
al Cuerpo Superior de Meteorólogos  
del Estado**

**Tercer Ejercicio  
Parte B**

**Turno Libre**

**13 de diciembre de 2019**





### **Supuesto 1**

Una parcela de aire descansa sobre la superficie de una meseta a altitud  $z_A = 1000 \text{ m}$ . La parcela es forzada a ascender adiabáticamente sobre una montaña cuya cima se encuentra a altitud  $z_B = 2000 \text{ m}$  para posteriormente descender hasta un valle situado a altitud  $z_C = 100 \text{ m}$ . Se considera la atmósfera en equilibrio hidrostático. La temperatura y la presión en el punto A son  $T_A = 290 \text{ K}$  y  $p_A = 890 \text{ hPa}$ , respectivamente.

1. Calcule la temperatura y la presión de la parcela de aire en los puntos B y C considerando que se trata de aire seco.  
**[2.5 puntos]**

Considere que la parcela de aire tiene una humedad relativa del 75% en el punto A:

2. Calcule la presión de vapor, la presión de vapor saturante, la temperatura del punto de rocío y la humedad específica de la parcela de aire en el punto A.  
**[2.5 puntos]**
3. Obtenga la temperatura de saturación por ascenso de la parcela de aire y la altura del nivel de condensación.  
**[2.5 puntos]**
4. Tras su paso por la cima de la montaña, la parcela ha perdido por precipitación un 10% de la humedad específica que tenía en el punto A. Determine la temperatura y la humedad específica de la parcela de aire al llegar al valle (punto C) y la altura de la base de las nubes a sotavento de la montaña.  
**[2.5 puntos]**

#### **Datos:**

Calor específico del aire seco a presión constante:  $c_{p_d} = 1005 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
Constante del aire seco:  $R_d = 287.05 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
Constante del aire húmedo:  $R_v = 461.51 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
Calor latente de vaporización:  $l_v = 2502.1 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1}$   
Presión de vapor y temperatura del punto triple:  $e_s = 6.11 \text{ hPa}$  ;  $T = 273.01 \text{ K}$



## **Supuesto 2 (Partes A, B y C)**

### **Parte A**

La temperatura media del estrato comprendido entre 750 y 500 *hPa* disminuye hacia el este a razón de 3°C cada 100 *km*. Si el viento geostrófico en 750 *hPa* es del sureste y tiene una velocidad de 20  $m s^{-1}$ . Determine:

**2.A.1.** La velocidad y dirección del viento geostrófico en 500 *hPa*.  
**[2 puntos]**

**2.A.2.** La advección geostrófica de temperatura media en el estrato.  
**[2 puntos]**

#### Datos:

Latitud:  $\phi = 45^\circ N$

Constante del aire seco:  $R_d = 287.05 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

### **Parte B**

Sea un flujo cuasigeostrófico sin vorticidad geostrófica relativa inicial que fluye de norte a sur con viento meridional de 10  $m s^{-1}$ .

**2.B.1.** Calcule la tendencia de la vorticidad geostrófica si en el tope de una columna de aire de 1000 *m* de extensión vertical el aire se eleva a razón de 0.01  $m s^{-1}$  mientras que en su base asciende a razón de 0.008  $m s^{-1}$ . Interprete el resultado.  
**[2 puntos]**

**2.B.2.** Suponga que el viento fluye de sur a norte, la velocidad ascendente en la cima del estrato es 0.01  $m s^{-1}$  y la velocidad ascensional en el estrato de 1000 *m* de espesor vertical en su base es 0.009  $m s^{-1}$ . Interprete el resultado.  
**[2 puntos]**

#### Datos:

Latitud:  $\phi = 45^\circ N$

Radio terrestre:  $R_T = 6357 \text{ km}$



### **Parte C**

Se desea estudiar el establecimiento de una brisa marina. La temperatura del agua del mar es  $T_1$  y la de la tierra es  $T_2$ , donde  $T_2 - T_1 = 10 K$ . Se establece una corriente cerrada con dos ramas isotermas y dos ramas isobáricas a  $P_0 = 1000 hPa$  y  $P_1 = 900 hPa$ . La longitud de las ramas horizontales es  $20 km$  y la de las verticales  $1 km$ . Calcule la aceleración de la brisa.

**[2 puntos]**