



**PRUEBAS SELECTIVAS PARA INGRESO EN EL CUERPO DE
DIPLOMADOS EN METEOROLOGIA DEL ESTADO
(ORDEN MAM /1318/2003 DE 29 DE ABRIL)**

PRIMER EJERCICIO

(Cuestionario de preguntas con respuestas alternativas)

Madrid, 27 de Septiembre de 2003



PRIMER EJERCICIO

1.- Indicar cuál de estas afirmaciones es falsa:

- a) Toda aplicación lineal que actúa en un espacio real lineal tiene por lo menos un vector propio
- b) Una aplicación lineal es diagonalizable en un espacio vectorial V si y sólo si existe una base de V formada por vectores propios.
- c) Toda aplicación hermítica en un espacio euclídeo de dimensión finita tiene todos sus autovalores reales.
- d) La matriz de una aplicación unitaria cumple que su conjugada compleja traspuesta es igual a su inversa.

2.- Sean dos rectas en el espacio:

$$(x,y,z) = (1,0,1) + t(-1,1,0)$$

$$(x,y,z) = (0,1,2) + s(2,0,1)$$

Indicar si estas rectas:

- a) Se cortan
- b) Se cruzan
- c) Son paralelas
- d) Son coincidentes

3.- En un triángulo esférico la suma de los tres ángulos interiores es:

- a) Menor que 2π
- b) Mayor que π y menor que 2π
- c) Mayor que π y menor que 3π
- d) Igual a 4π

4.- Indicar cuál de las siguientes expresiones es falsa:

(Nota: div =divergencia, rot =rotacional, ∇ =gradiente, f y g campos escalares y F y G campos vectoriales)

- a) $\text{div rot } F = 0$
- b) $\text{div } (\nabla f \times \nabla g) = 0$
- c) $\text{rot } \nabla f = 0$
- d) $\text{rot } (\text{div } F \times \text{div } G) = 0$

5.- La función

$$f(x) = \begin{cases} x, & \text{para } x \text{ racional} \\ 0, & \text{para } x \text{ irracional} \end{cases}$$

- a) No es continua en ningún punto
- b) Es continua para todo x
- c) Es continua en $x=0$
- d) Es continua para x racional

6.- La derivada de la función $f(x) = \text{sen } (\cos x)$ es igual a:

- a) $\cos (\cos x)$
- b) $-\text{sen } x \cos (\cos x)$
- c) $\cos^2 x - \text{sen}^2 x$
- d) $-\cos x \text{ sen } x$



7.- Cuando se dispone de un conjunto de datos homogéneos de una variable cuantitativa, la curtosis es una medida:

- a) De su tendencia central
- b) De su dispersión
- c) Del grado de simetría de la distribución
- d) Del grado de concentración (apuntamiento) de la distribución

8.- Indicar cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta:

- a) El método de Newton para buscar raíces es lo mismo que la fórmula de Newton para interpolación por recurrencia
- b) A la hora de programar es más práctico usar la fórmula de Newton de interpolación por recurrencia que la fórmula de Lagrange de interpolación
- c) La fórmula de Lagrange es una forma de interpolación lineal
- d) Los métodos de interpolación se utilizan exclusivamente para conocer el valor de una función en un punto en el que no conocemos su valor

9.- ¿Cuál es la ecuación de dimensión del momento de inercia de un cuerpo que gira respecto a un eje?

- a) ML^2T^{-1}
- b) FLT^2
- c) $M^{-1}L$
- d) MLT^{-2}

10.- Un cuerpo gira con velocidad angular constante y aislado de fuerzas exteriores. En un momento determinado y debido a un mecanismo interno el cuerpo disminuye su radio de giro produciéndose solo:

- a) Un aumento de la energía de rotación
- b) Una disminución de la energía rotación
- c) Un aumento de la velocidad angular
- d) Un aumento de la velocidad angular y de la energía de rotación

11.- La expresión del Teorema de Bernoulli $P + \rho gz + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{constante}$ en el espacio, donde P es la presión, ρ la densidad, g la aceleración de la gravedad, z la altura y v la velocidad, se cumple:

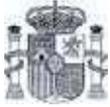
- a) Para todos los fluidos
- b) Para fluidos no viscosos incompresibles con movimiento irrotacional y estacionario
- c) Para fluidos compresibles con movimiento irrotacional y estacionario
- d) Para fluidos con presión estacionaria y densidad variable

12.- La presión debida a la curvatura de una superficie líquida es tal que:

- a) Es proporcional al radio de curvatura
- b) Es inversamente proporcional al radio de curvatura
- c) Sólo depende de la tensión superficial del líquido
- d) Depende del radio de curvatura y de la densidad del líquido

13.- Señálese la sentencia correcta relativa a los flujos viscosos:

- a) Se clasifican en perfectos y turbulentos
- b) Se rigen por la Ecuación de Euler
- c) Se clasifican en laminares y turbulentos
- d) Son siempre turbulentos



14.- Un tubo horizontal se estrecha pasando de un diámetro de 10 cm a 5 cm. Si un fluido no viscoso fluye del diámetro mayor al menor, señalar la sentencia correcta:

- a) Se incrementa la velocidad y la presión
- b) La velocidad aumenta y la presión disminuye
- c) La velocidad disminuye y la presión aumenta
- d) Tanto la velocidad como la presión disminuyen

15.- El aluminio tiene un calor específico que duplica al del cobre. Si idénticas masas de aluminio y cobre a 0°C se sumergen dentro de un cubo con agua caliente, cuando el sistema llega al equilibrio el aluminio:

- a) Habrá absorbido menos calor que el cobre
- b) Estará a mayor temperatura que el cobre
- c) Estará a una temperatura menor que el cobre
- d) Habrá absorbido más calor que el cobre

16.- Un cuerpo A tiene una masa el doble que un cuerpo B y un calor específico el triple que el B. Si el cuerpo A experimenta un cambio de temperatura ΔT al suministrarle una determinada cantidad de calor ¿Qué cambio de temperatura experimentará el cuerpo B si se le suministra la misma cantidad de calor?

- a) $3\Delta T/2$
- b) $2\Delta T/3$
- c) $6\Delta T$
- d) $\Delta T/6$

17.- Los montañeros dicen que no se puede cocer un huevo en la cima de una montaña muy alta porque:

- a) El aire es demasiado frío para que pueda hervir el agua
- b) El contenido de O_2 del aire es demasiado bajo
- c) La presión del aire es demasiado baja para que se pueda encender el hornillo
- d) El agua que hierve no está a una temperatura suficientemente alta

18.- Si la presión y el volumen de un gas ideal se reducen ambos a la mitad de su valor inicial, el valor de la temperatura absoluta del gas:

- a) Disminuye en un factor de 4
- b) No cambia
- c) Aumenta en un factor de 4
- d) Se duplica

19.- En la ecuación de una transformación politrópica ($P V^n = \text{constante}$) el coeficiente n vale:

- a) 1 en un proceso isobárico
- b) 0 en un proceso adiabático
- c) 1 en un proceso isoterma
- d) Todas las respuestas son incorrectas

20.- Una máquina térmica absorbe 150 J de un foco caliente y cede 90 J a un foco frío ¿Cuál es el rendimiento de la máquina?

- a) 40 %
- b) 60 %
- c) 20 %
- d) 90 %



21.- En procesos a temperatura y presión constantes se cumple que:

- a) La entalpía es mínima en el equilibrio
- b) La energía interna es mínima en el equilibrio
- c) La función de Gibbs es mínima en el equilibrio
- d) La función de Helmholtz es mínima en el equilibrio

22.- ¿Cuáles son las dimensiones de la constante de proporcionalidad de la Ley de Coulomb?

- a) $MT^{-1}LC^2$
- b) MTL^2C^{-2}
- c) $MT^{-2}L^3C^{-2}$
- d) $MT^3L^{-1}C^{-2}$

23.- ¿Cuál de las afirmaciones siguientes es correcta?

- a) La unidad de intensidad de campo eléctrico es newton·coulombio·metro
- b) Un dipolo eléctrico aislado genera a su alrededor un campo de fuerza radial llamado campo eléctrico
- c) Por cada punto de un campo eléctrico pasa solamente una línea de fuerza
- d) El número neto de líneas de fuerza que atraviesa una superficie cerrada que rodea una carga eléctrica, depende de la superficie y de la carga

24.- ¿Cuál de las afirmaciones siguientes es correcta?

- a) En cualquier punto de un campo eléctrico, la componente del campo en determinada dirección es igual al gradiente del potencial en aquella dirección, cambiado de signo
- b) El gradiente de potencial (voltios/metro) y la intensidad de campo eléctrico (newton/coulombios) no son unidades equivalentes
- c) Dos conductores cargados eléctricamente intercambiaran sus cargas al ponerlos en contacto de forma que ambos adquieran un potencial eléctrico de acuerdo con su capacidad
- d) No son correcta ninguna de las tres afirmaciones anteriores

25.- Dos resistencias en paralelo alimentadas con una fuente de corriente continua de 80 voltios tienen respectivamente 4 y 5 ohmios ¿Qué potencia en vatios absorbe cada una?

- a) 1300 y 1570
- b) 1400 y 1480
- c) 1500 y 1370
- d) 1600 y 1280

26.- El trabajo realizado por un campo magnético uniforme B sobre una partícula de carga q y de masa m que se mueve con velocidad v perpendicular al campo magnético es igual a:

- a) $(1/2)mv^2$
- b) $2\pi mv^2$
- c) $qBvR$ (siendo R el radio de la circunferencia que describe la partícula)
- d) 0



27.- Consideremos dos cargas q_1 y q_2 que se mueven con velocidades v_1 y v_2 respecto a un observador inercial. Indicar la respuesta correcta

- a) Las fuerzas entre las dos cargas en movimiento son iguales en módulo y actúan en direcciones opuestas.
- b) Las fuerzas entre las dos cargas en movimiento no son iguales en módulo ni actúan en direcciones opuestas
- c) $p_1 + p_2 = \text{constante}$ (donde p es la cantidad de movimiento)
- d) Ninguna de las anteriores es correcta

28.- Dos corrientes paralelas en sentido contrario:

- a) Se atraen con fuerzas iguales como consecuencia de la interacción magnética
- b) Se repelen con fuerzas iguales como consecuencia de la interacción magnética
- c) Ni se repelen ni se atraen
- d) Se atraen con fuerzas iguales sólo si las intensidades de ambas corrientes son iguales

29.- Si la corriente que circula por un circuito varía con el tiempo se genera una fuerza electromotriz:

- a) Que se opone a la variación de la corriente
- b) Que actúa en sentido contrario a la corriente
- c) Pero sólo si el circuito incluye un elemento similar a una bobina
- d) Proporcional a la intensidad de la corriente

30.- En un circuito compuesto por una resistencia, un capacitor, una inductancia y una fuerza electromotriz de la forma $V\varepsilon = V\varepsilon_0 \text{sen } \omega t$, cuando la potencia es máxima:

- a) La corriente está en fase con la fuerza electromotriz
- b) Existe un desfase de $\pi/2$ entre la corriente y la fuerza electromotriz
- c) Existe un desfase de π entre la corriente y la fuerza electromotriz
- d) Ninguna de las afirmaciones anteriores es correcta

31.- La formulación general del principio de Fermat afirma que la trayectoria real que sigue la luz para viajar desde un punto A hasta otro B es aquella para la cual:

- a) el camino óptico asociado es el mínimo de entre todas las posibles trayectorias próximas a ella
- b) el camino óptico asociado es el máximo de entre todas las posibles trayectorias próximas a ella
- c) el camino óptico asociado es estacionario, es decir máximo o mínimo
- d) el tiempo en el que es recorrida es mínimo

32.- Una longitud de onda de 900 nm estaría comprendida dentro de la siguiente región del espectro electromagnético:

- a) Amarillo
- b) Naranja
- c) Rojo
- d) Infrarrojo

33.- Un cuerpo negro a una temperatura de 27°C tiene un máximo de emisión aproximadamente a una longitud de onda de:

- a) $1 \mu\text{m}$
- b) 1nm
- c) $10 \mu\text{m}$
- d) 10nm



34.- Se llama nivel de equilibrio en un estrato inestable de aire seco a:

- a) Aquél que se alcanza cuando la temperatura de la burbuja llega a tener la misma temperatura que el aire que le rodea
- b) Aquél en el que los movimientos verticales tanto ascendentes como descendentes se compensan con los movimientos horizontales
- c) Aquél en el que no hay movimientos horizontales
- d) Aquél en el que la partícula que asciende lo hace tomando temperaturas inferiores a la del aire que le rodea

35.- En una atmósfera de aire seco, la temperatura del aire en superficie es de $\overline{T_0}$ y el gradiente de temperatura es de $\alpha = 0,6$ grados/100 metros. Se calienta una burbuja de aire de superficie hasta 10 grados por encima de la temperatura del aire que le rodea, lo que hace que dicha burbuja ascienda espontáneamente. El ascenso lo hace según una ley politrópica de $\gamma = 0,8$ grados/100 metros ¿Hasta qué altura ascenderá el aire de forma espontánea?

- a) 50 metros
- b) 500 metros
- c) 4800 metros
- d) 5000 metros

36.- La condición de estabilidad de estratificación para una atmósfera de aire seco y evoluciones adiabáticas reversibles son:

(Nota: Z = Altura, Θ = Temperatura Potencial)

	<u>Estable</u>	<u>Inestable</u>	<u>Indiferente</u>
a)	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} > 0$	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} < 0$	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} = 0$
b)	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} < 0$	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} > 0$	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} = 0$
c)	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} = 0$	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} < 0$	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} > 0$
d)	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} > 0$	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} = 0$	$\frac{\partial \theta}{\partial Z} < 0$

37.- Para definir un proceso adiabático en la atmósfera a partir de la temperatura potencial, se ha de cumplir que ésta:

- a) Crezca con la altura
- b) Crezca con la presión
- c) Se mantenga constante
- d) Disminuya con la altura

38.- La relación que existe entre la humedad específica (q) y la proporción de mezcla (m) es:

- a) $q = (m + 1) / m$
- b) $q = m / (m + 1)$
- c) $m = q / (q + 1)$
- d) $m = (q + 1) / q$



39.- Se mezclan al aire libre dos masas de aire húmedo, M_A y M_B . La masa $M_A=1.000$ g y su humedad específica es de 8×10^{-3} g / g. De M_B sabemos que $M_B=2000$ g y que contiene 10 g de vapor de agua. Suponiendo que todo el vapor de las masas componentes pasa, sin condensarse, a la mezcla, ¿cuál es el valor de la humedad específica de la mezcla?

- a) 3×10^{-3} g / g
- b) 6×10^{-3} g / g
- c) $1,3 \times 10^{-2}$ g / g
- d) 4×10^{-2} g / g

40.- Si llamamos t' a la temperatura del termómetro húmedo, y t_e la temperatura equivalente, indicar cuál de las siguientes afirmaciones es correcta.

- a) Puede definirse t_e como la mínima temperatura que una masa de aire puede alcanzar por condensación
- b) t' es una invariante en las evaporaciones y condensaciones isobáricas en las que el calor latente lo suministra o absorbe el aire en cuyo seno ocurren
- c) Si dos masas de aire tienen igual t_e y una de ellas está saturada, la t' de la no saturada es igual a la t' de la saturada
- d) No son correctas ninguna de las afirmaciones anteriores

41.- El gradiente adiabático del aire saturado es distinto de los gradientes adiabáticos de los aires húmedo y seco. Además, el gradiente adiabático del aire saturado:

- a) No es constante y a igualdad de presiones decrece al aumentar la temperatura
- b) No es constante y a igualdad de presiones aumenta al aumentar la temperatura
- c) Es constante e intermedio entre los gradientes del aire seco y del aire húmedo
- d) No es constante y a igualdad de temperatura decrece cuando aumenta la presión

42.- Obtener en un diagrama termodinámico la temperatura del termómetro húmedo a una presión determinada nos sirve para:

- a) Fijar de antemano la pseudoadiabática que seguirá el aire cuando se sature y ver las columnas de aire con inestabilidad latente
- b) Fijar de antemano la pseudoadiabática que seguirá el aire cuando se sature y calcular la temperatura potencial de esa masa
- c) Ver las columnas de aire con inestabilidad latente y calcular la temperatura potencial de esa masa
- d) Ninguna de las tres anteriores es correcta

43.- La distribución latitudinal de la energía solar absorbida y la radiación terrestre saliente es tal que:

- a) Existe un equilibrio de ambas energías en todos los puntos de latitud terrestre
- b) Existe un superávit de energía en los Polos y déficit en el Ecuador que para equilibrarlo se produce un transporte de energía hacia el Ecuador
- c) Es constante con la latitud. De ahí surge la Circulación General de la Atmósfera
- d) Existe un superávit de energía en el Ecuador y déficit en los Polos produciéndose un transporte de energía del Ecuador a los Polos para equilibrarlo

44.- Señalar cuáles de los siguientes núcleos tiene una epitaxia mayor:

- a) Cloruro sódico
- b) Sulfato amónico
- c) Yoduro de plata
- d) Cloruro de magnesio



45.- La nucleación homogénea del hielo por sublimación:

- a) Es algo habitual y frecuente en la atmósfera
- b) Depende del número de núcleos glaciógenos presentes en la atmósfera
- c) Es prácticamente inexistente en la atmósfera
- d) Se produce en condiciones de baja temperatura y baja humedad

46.- Señalar la respuesta correcta relativa a la nucleación de gotitas de agua:

- a) Cuanto mayor sea la razón de saturación ambiental, menor puede ser el radio de la gotita para poder sobrevivir
- b) Cuanto mayor sea la razón de saturación, mayor radio debe tener la gotita para sobrevivir
- c) La razón de saturación no influye sobre el tamaño que la gotita ha de tener para sobrevivir
- d) Cuanto menor sea la razón de saturación, mayor es la humedad relativa ambiental y más se favorece la nucleación

47.- Los sensores de los satélites meteorológicos son:

- a) Sistemas remotos pasivos
- b) Sistemas remotos activos
- c) Sistemas remotos activos para las imágenes visibles e IR y pasivos para las de vapor de agua
- d) Sistemas remotos activos para las imágenes IR y vapor de agua y pasivos para las visibles

48.- Supónganse una atmósfera OACI tipo, y así mismo dos capas limitadas por las superficies isobáricas (1000 hPa, 500 hPa) y (500 hPa, 250 hPa) respectivamente. Utilizando la ecuación del espesor, determínese cuál de las afirmaciones siguientes es verdadera:

- a) La capa inferior tiene mayor espesor
- b) La capa superior tiene mayor espesor
- c) Ambas tienen el mismo espesor
- d) Falta información para decidir

49.- Determinar qué afirmación de las siguientes es verdadera en relación con la fuerza de Coriolis:

- a) La fuerza de Coriolis apunta hacia el interior de las bajas presiones en el hemisferio Sur
- b) La fuerza de Coriolis apunta siempre en la dirección del movimiento
- c) La fuerza de Coriolis es perpendicular a la velocidad y en consecuencia no realiza trabajo
- d) La fuerza de Coriolis es paralela al vector de rotación angular terrestre

50.- Señálese cuál de las siguientes afirmaciones es falsa en relación con la aceleración de Coriolis que experimenta un cuerpo situado sobre la superficie terrestre y que se halla en rotación con la Tierra:

- a) La aceleración de Coriolis es perpendicular al eje de rotación terrestre
- b) La aceleración de Coriolis es perpendicular a la velocidad relativa del cuerpo respecto al sistema inercial terrestre
- c) La aceleración de Coriolis se anula en los polos
- d) La aceleración de Coriolis desvía las corrientes hacia la izquierda en el hemisferio sur



51.- Señalar cuál de las afirmaciones siguientes es la correcta:

- a) La trayectoria de una partícula es aquella línea donde la tangente a la misma coincide con el vector velocidad en todos los puntos de la misma en un instante dado
- b) Cuando el movimiento es estacionario, la ecuación de la línea de corriente coincide con la trayectoria
- c) Una línea de corriente se define como la línea ocupada por la partícula en el transcurso del tiempo
- d) No son ciertas ninguna de las afirmaciones anteriores

52.- Del viento geostrófico se puede decir que:

- a) Es aproximadamente igual en intensidad al viento real en flujos ciclónicos
- b) Es directamente proporcional a la raíz cuadrada del parámetro de Coriolis
- c) Es un concepto de viento teórico que no tiene sentido aplicarlo a un punto del Ecuador
- d) Aumenta su intensidad donde el gradiente de presiones es bajo

53.- En un flujo ciclónico podemos decir que la intensidad del viento del gradiente $|\vec{V}_G|$ respecto a la intensidad del viento geostrófico $|\vec{V}_g|$ es:

- a) $|\vec{V}_G| < |\vec{V}_g|$ y la diferencia será mayor cuanto mayor sea el radio de curvatura de la trayectoria y mayor sea el parámetro de Coriolis
- b) $|\vec{V}_G| > |\vec{V}_g|$ y la diferencia será mayor cuanto mayor sea el radio de curvatura de la trayectoria y mayor sea el parámetro de Coriolis
- c) $|\vec{V}_G| > |\vec{V}_g|$ y la diferencia será mayor cuanto menor sea el radio de curvatura de la trayectoria y menor sea el parámetro de Coriolis
- d) $|\vec{V}_G| < |\vec{V}_g|$ y la diferencia será mayor cuanto menor sea el radio de curvatura de la trayectoria y menor sea el parámetro de Coriolis

54.- Supóngase un flujo horizontal tal que las trayectorias de las partículas de aire tengan curvatura nula y nos encontremos en el Hemisferio Norte. En este caso se cumple que:

- a) El viento geostrófico es mayor que el viento del gradiente
- b) El viento del gradiente es mayor que el viento geostrófico
- c) Ambos vientos, geostrófico y del gradiente, son iguales
- d) Con la información proporcionada no se puede saber cuál de los dos vientos, geostrófico y del gradiente, es mayor

55.- Señalar la frase correcta relativa a la vorticidad:

- a) La vorticidad absoluta no es una magnitud conservativa
- b) La circulación estudia las rotaciones microscópicas mientras que la vorticidad estudia las macroscópicas
- c) Como la vorticidad absoluta es una magnitud conservativa, la vorticidad relativa aumenta hacia el Norte
- d) La vorticidad puede producirse por dos componentes: curvatura o gradiente de velocidad



56.- En un estrato grande de aire bien mezclado que se encuentra junto al suelo, la temperatura en superficie es de 20°C y la temperatura del punto de rocío es de 15°C. ¿A qué altura se formará la base de los cúmulos?

- a) 360 m
- b) 430 m
- c) 510 m
- d) 610 m

57.- Señalar la sentencia correcta relativa al balance de energía global en el sistema Tierra-Atmósfera:

- a) El sistema Tierra-Atmósfera no se encuentra en equilibrio radiativo
- b) Los subsistemas Tierra y Atmósfera no están en equilibrio radiativo
- c) El subsistema Tierra está en equilibrio radiativo
- d) El subsistema Atmósfera está en equilibrio radiativo

58.- Según la ecuación de la vorticidad la derivada total de la vorticidad absoluta con respecto al tiempo es igual a :

- a) Un término de divergencia
- b) Un término de divergencia más un término de inclinación o giro
- c) Un término de divergencia más uno de inclinación o giro más un término solenoidal
- d) Cero

59.- El Teorema de la Circulación de Kelvin establece que:

- a) La aceleración de la Circulación es igual a la Circulación de la aceleración
- b) En una atmósfera barotrópica las isotermas, las isobaras y las isopicnas son paralelas
- c) En una atmósfera baroclínica la densidad es función de la presión y la temperatura
- d) Si la vorticidad relativa es positiva entonces las corrientes son ascendentes

60.- La aproximación cuasi-geostrófica consiste en:

- a) Sustituir en las ecuaciones el viento real por el geostrófico y considerar que el término de Coriolis es constante
- b) Sustituir en las ecuaciones el viento real por el geostrófico excepto en los términos de divergencia horizontal
- c) Sustituir en las ecuaciones el viento real por el geostrófico en todos los términos
- d) Considerar que la atmósfera es baroclínica

61.- La función frontogenética se define como:

- a) La derivada temporal total del módulo del gradiente de la temperatura
- b) La derivada temporal local del módulo del gradiente de la temperatura
- c) El gradiente de la temperatura
- d) La derivada temporal local del gradiente de temperatura

62.- En latitudes medias el proceso más importante de ciclogénesis es:

- a) La inestabilidad barotrópica
- b) Los sistemas convectivos a mesoescala
- c) Las inestabilidades baroclínicas
- d) Las ondas de Rossby



63.- En relación a la fricción molecular y turbulenta señálese la frase correcta:

- a) La fricción molecular tiene una importancia similar a la turbulenta en la capa de Ekman
- b) La fricción molecular es varios órdenes de magnitud inferior a la fricción turbulenta en la capa límite atmosférica
- c) La fricción molecular es despreciable en la subcapa laminar
- d) La fricción molecular es despreciable en todas las zonas que constituyen la capa límite atmosférica

64.- La altura de la capa límite atmosférica tiene mayor dimensión si:

- a) El viento es fuerte y hay un calentamiento solar intenso
- b) El viento es débil y hay un débil calentamiento solar
- c) El viento es débil y hay un débil enfriamiento superficial
- d) El cielo está cubierto y el viento es moderado

65.- El ejemplo más sencillo de un modelo de predicción dinámico es:

- a) El modelo de ecuaciones primitivas
- b) El modelo espectral
- c) El modelo de la ecuación de vorticidad barotrópica
- d) El modelo de asimilación de datos

66.- Los instrumentos para la medición de la transferencia vertical de calor y vapor de agua ya han sido desarrollados, pero en el momento presente se usan principalmente en la investigación.

El método más satisfactorio que se conoce hasta el momento combina el balance de energía y los enfoques aerodinámicos. De este modo H.L. Penman consiguió expresar las pérdidas por evaporación en función de varios elementos meteorológicos que se miden regularmente, por lo menos en Europa y América del Norte. Estos son :

- a) La radiación solar, la temperatura media del aire y la humedad media del aire
- b) La radiación solar, la humedad media del aire y la velocidad media del viento
- c) La temperatura media del aire, la humedad media del aire y la velocidad media del viento
- d) La radiación solar, la temperatura media del aire, la humedad media del aire y la velocidad media del viento

67.- En cuanto al régimen termométrico anual se refiere, y considerando el régimen normal representado por las temperaturas máxima, media y mínima promediadas mensualmente, en climatología podemos distinguir varios tipos, ¿ Cual es el que corresponde a las características de un solo máximo entre julio y agosto (en el Hemisferio Norte), y amplitud moderada ?

- a) El de régimen templado continental
- b) El de régimen templado marítimo
- c) El de tipo ecuatorial
- d) El régimen polar

68.- En la clasificación de Köppen se clasifica el mundo en unas zonas principales y a su vez las subdivide y obtiene once regiones climáticas principales. ¿El símbolo Cw a que región climática corresponde?

- a) Templada con verano seco, lluviosa en invierno
- b) Templada húmeda lluviosa todo el año
- c) Templada húmeda con invierno seco, lluviosa en verano
- d) Microtermal (frío) con invierno seco, lluviosa en verano



69.- La manifestación más llamativa del fenómeno ENSO es el aumento de la temperatura de la superficie del mar en una extensa área del Pacífico ecuatorial. En lo que a este fenómeno se refiere, ¿cómo influye la atmósfera en el océano principalmente?

- a) A través de la temperatura
- b) A través del vapor de agua
- c) A través del viento
- d) Suministrando CO₂

70.- Las siglas NAO hacen referencia a un fenómeno océano-atmosférico, la North Atlantic Oscillation, que es objeto de estudio para comprender la interacción entre los mares y los procesos atmosféricos. Se ha podido determinar un ciclo con un índice positivo o negativo. En cuanto al índice positivo de la NAO se ha podido constatar lo siguiente:

- a) La fase positiva del índice de la NAO muestra una presión débil tanto en el punto bajo islandés como en el punto alto subtropical
- b) Traen el aire húmedo hacia el Mediterráneo y aire frío hacia el Norte de Europa
- c) La costa del Este de los EE.UU., experimenta brotes de un aire más frío y por lo tanto condiciones atmosféricas nubladas, pero sin precipitaciones
- d) Muestra generalmente una presión más fuerte en el centro subtropical y una presión más baja de lo normal en el punto bajo islandés

71.- Actualmente hay unos modelos climáticos que calculan explícitamente los procesos de retroalimentación rápida cuyos efectos interactivos determinan la sensibilidad climática, ¿Cuáles son estos modelos?

- a) De circulación Atmósfera-Océano acoplados
- b) Atmosféricos y oceánicos bidimensionales
- c) De balance de energía unidimensionales
- d) De balance de energía bidimensionales

72.- La proyección estereográfica polar se utiliza para representar regiones:

- a) Intertropicales
- b) Extensas de las zonas templadas
- c) Circumpolares o hemisféricas
- d) Ecuatoriales

73.- Un observador situado en las proximidades del Ecuador ve pasar el Sol por el Cenit dos días al año. La trayectoria este-oeste del Sol es tal que después del equinoccio de septiembre el Sol sale cada vez más:

- a) Hacia el NE
- b) Hacia el SE
- c) Hacia el NNE
- d) Hacia el SSE

74.- La insolación diaria sigue un ciclo anual con un solo máximo y un solo mínimo en latitudes extratropicales coincidiendo con el solsticio de verano y de invierno, respectivamente, y con dos máximos y dos mínimos en las latitudes intertropicales ; en este último caso:

- a) Los máximos corresponden a los solsticios y los mínimos a los equinoccios
- b) Los máximos corresponden a los equinoccios y los mínimos a los solsticios
- c) Hay un máximo en el solsticio de verano y un mínimo en el solsticio de invierno y un máximo en el equinoccio de primavera y un mínimo en el equinoccio de otoño
- d) Hay un mínimo en el solsticio de verano y un mínimo en el equinoccio de primavera. Y un máximo en el solsticio de invierno y un máximo en el equinoccio de otoño



75.- La ecuación del tiempo establece la relación entre el tiempo medido con tres referencias diferentes, el sol medio, un sol ficticio y el sol verdadero. La referencia horaria usada mundialmente para la vida normal es el resultado de:

- a) El valor de la ecuación en su totalidad
- b) La referencia al sol medio
- c) La referencia al sol ficticio
- d) La referencia al sol verdadero

76.- En la ecuación del tiempo se establece la diferencia en cualquier instante entre la hora solar aparente y la hora solar media medida para un lugar específico. A lo largo del año, en cuatro ocasiones la ecuación del tiempo es cero, una de ellas es:

- a) Hacia el 15 de abril
- b) Hacia el 21 de junio
- c) Hacia el 22 de septiembre
- d) Hacia el 21 de diciembre

77.- Cuáles son los valores superiores del ordenamiento jurídico según la Constitución:

- a) La libertad, la igualdad, la equidad y el pluralismo político
- b) La libertad, la justicia, la igualdad y el pluralismo político
- c) La equidad, la justicia y el pluralismo social
- d) La igualdad y la solidaridad

78.- La Constitución española de 1978 fue aprobada por:

- a) Las Cortes y ratificada por el pueblo español
- b) El pueblo español y ratificada por las Cortes
- c) El Rey y ratificada por el Consejo de Estado
- d) Las Cortes y ratificada por el Rey

79.- La Constitución en su artículo 149.1.20ª, refiriéndose a la competencia de servicio meteorológico, dice que es:

- a) Compartida por el Estado y las Comunidades Autónomas
- b) Exclusiva del Estado
- c) Se ejerce en régimen de concurrencia entre las distintas Administraciones
- d) La constitución no menciona el servicio meteorológico

80.- El Tribunal Constitucional:

- a) Es poder legislativo
- b) Es poder judicial
- c) Es poder ejecutivo
- d) Ninguno de los anteriores

81.- El Delegado del Gobierno en una Comunidad Autónoma se nombra por el:

- a) Consejo de Ministros
- b) Rey
- c) Presidente del Gobierno
- d) Parlamento autonómico



82.- Las Diputaciones Provinciales existirán en todas las:

- a) Comunidades Autónomas
- b) Provincias
- c) Las provincias, salvo en las Comunidades Autónomas uniprovinciales
- d) Provincias, salvo en las que tengan comarcas

83.- La elección del Defensor del Pueblo compete:

- a) A los Plenos del Congreso y el Senado
- b) Sólo al pleno del Congreso
- c) Al Gobierno
- d) Al Rey

84.-Cuál de los siguientes derechos no tiene el ciudadano en su relación con la Administración, según establece la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y Procedimiento Administrativo Común en su artículo 35

- a) El acceso a los registros y archivos de las Administraciones Públicas en los términos que se establezcan
- b) A utilizar las lenguas oficiales en el territorio de la Comunidad Autónoma
- c) A formular alegaciones y aportar documentación en cualquier fase del procedimiento administrativo
- d) Todas las anteriores son derechos del ciudadano según el artículo 35

**PRUEBAS SELECTIVAS PARA EL INGRESO EN EL
CUERPO DE DIPLOMADOS EN METEOROLOGÍA DEL ESTADO**

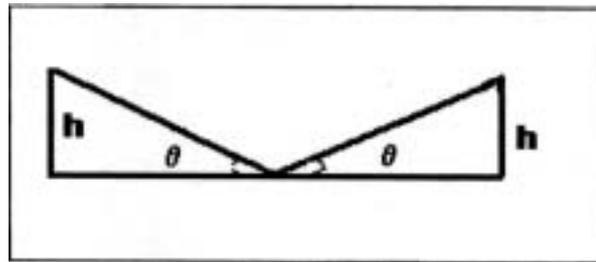
(Orden MAM/1318/2003 de 29 de abril)

SEGUNDO EJERCICIO. PRIMERA PARTE

PROBLEMAS DE FÍSICA

F.1 Una partícula se desliza hacia adelante y hacia atrás entre dos planos inclinados iguales sin fricción (ver figura adjunta).

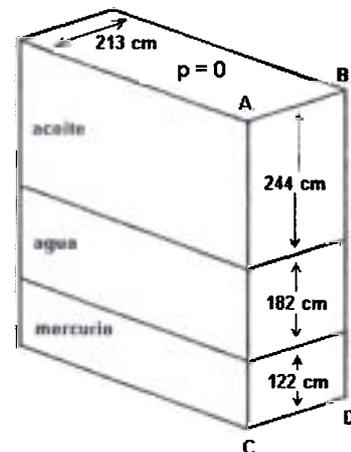
- a) Encontrar el periodo del movimiento
- b) Interpretar físicamente este periodo en función de la inclinación de los planos
- c) ¿Es el movimiento oscilatorio? Justificar la respuesta
- d) ¿Es el movimiento armónico simple? Justificar la respuesta



F.2 Un depósito como el de la figura contiene 244 cm de aceite ($\rho_1 = 0.88 \text{ g cm}^{-3}$), 182 cm de agua ($\rho_2 = 1.00 \text{ g cm}^{-3}$) y 122 cm de mercurio ($\rho_3 = 13.60 \text{ g cm}^{-3}$). Calcular:

- a) La fuerza total sobre la pared ABCD del depósito.
- b) El punto de aplicación de dicha fuerza.
- c) ¿A qué altura sobre la interfase agua-aceite habría que hacer un pequeño orificio en el depósito para que saliera aceite a una velocidad de 6.26 m s^{-1} .

Tómese la presión sobre la cara superior igual a 0 para los apartados a) y b) e igual a la presión atmosférica en el apartado c).



F.3 Un mol de un gas ideal diatómico ($C_v = 5 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) experimenta cambios reversibles desde $p_1 = 10 \text{ atm}$ y $V_1 = 10 \text{ litros}$ a $p_2 = 1 \text{ atm}$ de acuerdo con los siguientes procesos:

- a) $V = \text{cte}$
- b) $T = \text{cte}$
- c) Adiabáticamente
- d) Politrópicamente ($n = 1.8$)

Calcular los valores del trabajo (W), calor (Q), incremento de energía interna (ΔU) e incremento de entalpía (ΔH) que tienen lugar en cada proceso. Representar los procesos en diagrama p - V .

Nota: p indica la presión, V el volumen, T la temperatura y n el coeficiente de politropía. Constante universal de los gases $R = 0.082 \text{ atm litro K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

**PRUEBAS SELECTIVAS PARA EL INGRESO EN EL
CUERPO DE DIPLOMADOS EN METEOROLOGÍA DEL ESTADO**
(Orden MAM/1318/2003 de 29 de abril)

**SEGUNDO EJERCICIO. PRIMERA PARTE
PROBLEMAS DE MATEMÁTICAS**

M.1 Encontrar una forma de Jordan J de

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 & -6 \\ 0 & -1 & 3 & \\ 0 & 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

Y una matriz P tal que $AP=PJ$.

M.2 Integrar las siguientes ecuaciones diferenciales:

- a) $2xydx = (3x^2 - y^2)dy$
 - b) $\sqrt{x}y' - y + (1 - 2\sqrt{x})\sqrt{y} = 0$
-

M.3 Una bola se extrae aleatoriamente de una caja que contiene 6 bolas rojas, 4 bolas blancas y 5 bolas azules. Determinar la probabilidad de que sea:

- a) Roja
- b) Blanca
- c) Azul
- d) No roja
- e) Roja o blanca

Ahora, se extraen tres bolas sucesivamente de la caja anterior. Calcular la probabilidad de que se extraigan en el orden roja, blanca y azul si las bolas

- f) Se reemplazan
 - g) No se reemplazan
-

World Meteorological Day 2003: Our future climate

*Message from Prof. Godwin O.P. Obasi
Secretary-General of WMO*

Every year, World Meteorological Day (WMD) is celebrated to commemorate the entry-into-force, on 23 March 1950, of the Convention of the World Meteorological Organization. The theme for this year is "Our future climate". Climate is vital for sustaining life on Earth as it has a profound effect on food security, security of life and property, water resources, leisure and sustainable development. In addition, climate is known to affect, to a certain extent, the moods of people, influence their character and even their ways of thinking and their culture. However, there is growing evidence that humankind is altering the character of the thin layer of air that surrounds planet Earth, with implications for the climate it generates. The theme for this year's celebration has therefore been chosen to highlight the need to protect climate as a resource for the well-being of present and future generations. WMD also provides an opportunity to draw the attention of the public, decision-makers, the media and civil society to the role of WMO and the National Meteorological and Hydrological Services (NMHSs) in this endeavour.

Changes in climate are known to have occurred in the past. However, such changes were due to natural causes. Recent changes, such as the increase in the mean global temperature of 0.6°C since instrumental records began in the 1860s, are largely attributable to human activities. In fact, the year 1998 was the warmest on record, with 2001 being the second highest. The 1990s were the warmest decade of the 20th century and it is likely that the rate and duration of warming of the 20th century were larger than

at any other time during the last 1 000 years. The warming observed is linked to the growth in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere. Carbon dioxide, a major greenhouse gas, has grown from about 280 parts per million by volume (ppmv) in 1750 to 370 ppmv at the end of 2001, an increase of over 32 per cent. Over the same period, atmospheric concentrations of methane and nitrous oxide increased by 151 and 17 per cent, respectively.

As a result of the warming, the global mean sea-level has risen by between 10 and 20 cm. The rise has been estimated to be as much as 10 times the average increase in the last 3 000 years. Over the past 50 years, the extent of sea ice in the northern hemisphere has decreased by about 10 to 15 per cent. The duration of annual lake and river ice was shortened by about two weeks over the last century. There has been a 40 per cent decline in Arctic Sea ice thickness in late summer to early autumn in the past 45-50 years and a widespread retreat of mountain glaciers in non-polar

regions was observed in the last 100-150 years.

Over the last 30 years, a number of unprecedented extreme weather and climate events such as floods, tropical cyclones and droughts have occurred in various parts of the world. Globally, over the last 10 years, the number of hydrometeorological disasters has doubled. Worldwide, recurrent drought and desertification seriously threaten the livelihood of over 1.2 billion people who depend on the land for most of their needs. The 1997/1998 El Niño event, the strongest of the last century, is estimated to have



Prof. G.O.P. Obasi, Secretary-General of WMO

affected 110 million people and cost the global economy nearly US\$ 100 billion. Statistics compiled from insurance companies for the period 1950-1999 show that the major natural catastrophes which are mainly weather- and climate-related caused estimated economic losses of US\$ 960 billion. Most of the losses were recorded in recent decades.

Perhaps the most striking evidence of the effects of global warming are the changes in flora and fauna. In parts of the northern hemisphere, the growing season has lengthened by nearly 11 days since the early 1960s. Some of the changes in the growing season are linked to milder winters that have been part of the overall pattern of global warming since around 1970. Other changes include plants growing at higher altitudes in the Alps, birds laying their eggs earlier in spring and butterflies extending their range northward. In the Southern Ocean, vegetation is thriving on the most southerly islands and is expanding on the Antarctic Peninsula. The association of such changes with climate is possible today because of scientific and technical progress over the last century.

Some of the earliest efforts aimed at a systematic study of the Earth climate system dates back to the days of the International Meteorological Organization (IMO), the predecessor of WMO, which, in 1929 instituted the Commission for Climatology. From the 1950s onwards, technological achievements, including radars, satellites and computers contributed to high-quality research, monitoring and multi-disciplinary studies into atmospheric processes. In the late 1960s and early 1970s, the unprecedented drought in the Sahel and the evidence of a period of prolonged cooling raised concern about the future climate. At the same time, observation of expanding amounts of carbon dioxide in the atmosphere led WMO, in 1976, to issue the first authoritative statement on the potential impact of an increasing accumulation of greenhouse gases in the atmosphere on our future climate.

In 1979, WMO convened the first World Climate Conference, leading to the establishment of the World Climate Programme (WCP) and its component parts. WMO invited other organizations such as the United Nations Environment Programme (UNEP) to take the lead on the impacts and the International Council for Science (ICSU) to collaborate with WMO in research. In 1988, in the light of growing concern about the impact of human activities on climate and the potential impact of climate change on the national economies, especially on those of developing countries, WMO, in collaboration with UNEP, established

the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The Panel's tasks include assessment of scientific information on climate change and its environmental and socio-economic impacts, as well as the formulation of appropriate response strategies. Since its establishment, IPCC has issued three assessment reports. The First Assessment Report (1990) led to the commencement by WMO and UNEP of negotiations for a Framework Convention on Climate Change, which was signed in Rio during the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) in 1992. Thereafter, the Conference of the Parties was set up. The Second Assessment Report (1995) contributed to the negotiation of the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

In its Third Assessment Report issued in September 2001, the IPCC concluded that "There is new and stronger evidence that most of the warming observed over the last 50 years is attributable to human activities." Such conclusions, as well as future climate projections, are based on the output of complex atmosphere-ocean general circulation models and on scenarios of energy use and greenhouse-gas emission projections. While there are many uncertainties in future projections, the confidence in the ability of climate models to provide useful estimates has improved significantly. This is demonstrated by the satisfactory model simulations of current climate, El Niño/Southern Oscillation (ENSO) and monsoons, as well as of certain periods of past climate such as the impact of the 1994 Pinatubo volcanic eruption on the global mean surface temperature.

The Third IPCC Assessment Report indicated that the global mean surface temperature would rise by 1.4 to 5.8°C over the period 1990 to 2100. This projected rate of warming is much higher than the observed changes during the 20th century and is very likely to be without precedent during at least the last 10 000 years. Sea-level was estimated to rise by 9 to 88 cm between 1990 and 2100. This would have significant socio-economic impacts as flat islands, harbours, some agricultural lands, freshwater resources, tourist areas and productive coastal lands would all be threatened.

Precipitation is projected to intensify during the 21st century. At low latitudes, there would be decreases in some regions and increases in others. In middle to high latitudes, precipitation events would be intensified. Droughts and floods may become more prevalent.

Current projections show little change or a slight increase in the amplitudes of El Niño events

over the next 100 years. But with higher temperatures, the extremes of floods and drought generally associated with El Niño events would be more severe. It is also likely that there would be greater Asian monsoon precipitation variability.

Northern hemisphere snow cover and sea-ice extent are projected to diminish further and glaciers and ice caps will continue to retreat. Indeed, it has now been observed that the ice cap on Mt. Kilimanjaro close to the Equator has been receding in recent years.

Climate change will also affect human health through multiple pathways, including direct effects (e.g. reduced cold stress in temperate countries but increased heat stress) and indirect effects that operate through changes in the ranges of disease vectors (e.g. mosquitoes), water-borne pathogens, and water and air quality. While some species may grow in quantity or range, climate change will exacerbate the risk of extinction of some more vulnerable species and loss of biodiversity. Coral mortality could exceed 95 per cent regionally with extinction of certain species.

While these projections are for the next 100 years, a greater concern is that human-induced climate change will persist for many centuries, even if emissions of greenhouse gases into the atmosphere were totally curtailed today as some of the greenhouse gases such as carbon dioxide are long-lived. This would be similar to the effect of phasing out chlorofluorocarbons which are responsible for the depletion of the ozone layer.

However, the most immediate threats to humankind relate to increased variability in the intensity and frequency of storms and other extreme weather- and climate-related events such as floods and droughts, more heat waves in major urban areas and the impact of sea-level rise on low-lying coastal regions. While detailed local- or basin-level climate-change predictions are not yet available, it is still wise to assume that the changes observed over the last decades will continue, presenting urgent and growing challenges to many aspects of our lives. Planning to meet the threat of climate change requires the mapping of a range of possible future events and identifying policy options that might best meet those challenges. In the future, the accelerating pace of technological advances will lead to a narrowing of the uncertainties and thus exert a profound influence on the way we handle climate issues. In this regard, better understanding of climate processes and ever-expanding computer and satellite capabilities could lead to improved predictions at local and

regional levels. Scientists are also working on technological solutions to mitigate global warming. In many cases, the real issue is whether they are both economically viable and environmentally acceptable. At present, renewable energy sources are among the most promising ways of reducing carbon dioxide emissions.

The measures contemplated in mitigating climate change so far are inadequate to protect our future climate. The international community should commence action now through the UNFCCC and its Kyoto Protocol to adequately curtail the emission of greenhouse gases into the atmosphere, and other measures to reduce uncertainties in climate projections. For these purposes, WMO and the NMHSs will continue to take a lead role in addressing key scientific and technical issues.

The first of these issues relates to systematic observations, which need to be improved, and to the reconstruction of past climate periods. Despite advances in observations from meteorological and environment satellites and from those for research and development, there has been a degradation of essential in situ observational networks in many parts of the world, particularly in developing countries and most significantly in the least developed among them. There is also a need for more data from polar and oceanic areas, for better quantitative assessments of climate extremes. To meet these challenges, WMO has continued to strengthen its World Weather Watch Programme for monitoring weather and climate, its Global Atmosphere Watch for the chemical composition of the atmosphere, and its hydrological monitoring networks.

The second issue relates to the need to address the uncertainties which are inherent in long-term prediction. For this purpose, considerable efforts are underway, particularly under the WMO-sponsored World Climate Research Programme (WCRP) to improve climate prediction capability through improved modelling. Such efforts aim at a better understanding of climate processes relating, among others, to the role of the entire cryosphere, the distribution and projection of future emission of greenhouse gases and their sinks and sources, and the role of biota, land and ocean surfaces and deep oceans. There is also a need to study the effects of clouds on radiation. The Climate Variability and Predictability (CLIVAR) project is the main focus in WCRP for studies of climate variability, extending effective predictions of climate variation and refining the estimates of anthropogenic climate change. In addition, climate models must be further developed to better simulate

regional and local impacts of climate change and extreme weather events.

The third issue relates to the need for all countries to benefit from advances in climate science. In this regard, the WMO Climate Information and Prediction Services (CLIPS) project is designed to assist countries in the application of climate data and seasonal forecasts in areas such as water management, agriculture and disaster mitigation.

Finally, to assist in addressing climate change, the international framework for the coordination of national and international efforts should be strengthened so that research results, observational data and information and other resources may be used to the greatest overall advantage. In particular, NMHSs should receive the necessary support in their mission of understanding weather and climate and in providing necessary services.

Progress in addressing these issues should enable the IPCC to answer some of the outstanding questions in its Fourth Assessment Report which is scheduled for 2007. Among others, the IPCC report

will focus on reducing uncertainties and providing improved forecasts at national, and, if possible, at basin levels. In this regard, it is recalled that the World Summit on Sustainable Development (WSSD) held in 2002 in Johannesburg, South Africa, called for renewed commitments to addressing the challenges related to poverty alleviation, changing consumption and production patterns, natural disaster mitigation, as well as the protection and management of the natural resource base for economic and social development.

As we move forward in the millennium, it is my hope that national and local authorities, academia, the private sector, the general public and the media fully appreciate the important contributions being made by WMO and NMHSs in addressing the climate change issue. WMO will continue its efforts in an unflinching manner to contribute to a better understanding of our climate and the potential threats to it and collaborate with the world community to ensure its protection and preservation for future generations.

CAMBIO CLIMÁTICO E PALEOCLIMAS CUATERNARIOS

A. Martínez Cortizas, M. Valcarcel Díaz, A. Pérez Alberti,
F. Castillo Rodríguez e R. Blanco Chao

AS VARIACIÓNS CLIMÁTICAS NATURAIS

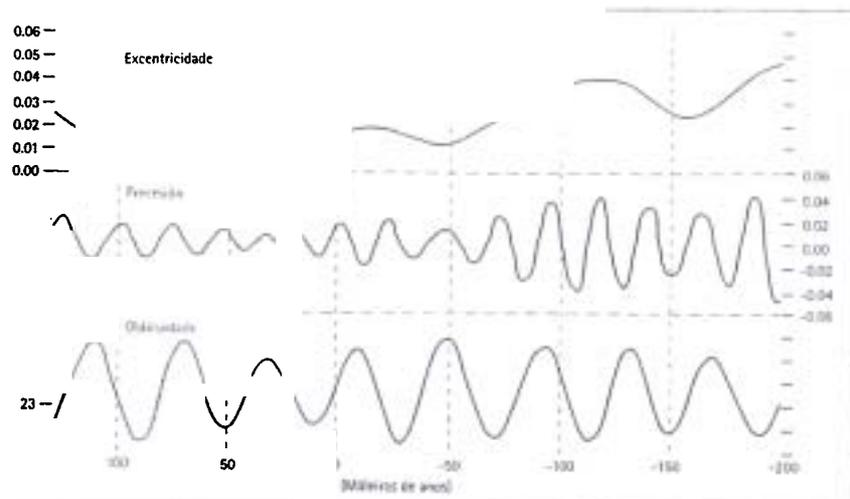
Para comprender a evolución paleoclimática non basta con reconstruír certos parámetros climáticos, como poidan ser as condicións de temperaturas, os valores de precipitación ou mesmo a formación de xeo na superficie do globo; tamén é indispensable dispor dunha escala de tempo precisa. A historia da Terra, dende que esta se consolidou ata os nosos días, divídese convencionalmente en catro grandes períodos. Nós vivimos no último deles, o chamado período Cuaternario, que abrangue aproximadamente os últimos dous millóns de anos, e que á súa vez se subdivide en Pleistoceno e Holoceno, este último corresponde só ós últimos dez mil anos. Ó longo da súa historia a Terra mudou moito no seu clima. Nembargantes o clima da Terra caracterizouse ata finais do Terciario por presentaren longos períodos de estabilidade climática que se estenderon por millóns de anos. Pola contra os cambios climáticos drásticos son, indiscutiblemente, a característica dominante do período Cuaternario.

Unha rápida ollada á reconstrucción dos paleoclimas dos últimos millóns de anos amosa un panorama de cambios a distintas escalas de tempo. Hai tan só uns 100 millóns de anos (100 Ma), durante o Cretácico Inferior, a temperatura media superficial da Terra foi duns 25° C, 10° C superior á actual (que, débese recordar, é duns 15° C); hai 45 Ma, no Eoceno, foi uns 4° C superior, mentres que no último máximo glacial, hai tan só uns 18.000-20.000 anos (18-20 ka), a temperatura media foi entre 5° e 20° C inferior á actual para os trópicos e latitudes elevadas respectivamente, mentres que a precipitación diminuíu ata nun 50%.

Tralo período cálido representado polo Terciario (65-2 Ma, aproximadamente), a última era xeolóxica da Terra, o Cuaternario, caracterizouse por ser un período predominantemente frío, no que ocorreron longas fases de expansión dos xeos durante as épocas glaciares, cunha duración media duns 100 ka, entre as cales se intercalaron períodos de clima máis benigno denominados épocas interglaciares, cunha duración aproximada entre 4 e 10 ka. Tan só nos últimos 400 ka sucedéronse catro grandes glaciacións.

Durante máis dun século os científicos trataron de explicar estas variacións do sistema climático: os cambios climáticos globais. Un grupo de teorías suxire que os ditos cambios débense a factores externos ó sistema climático, incluíndo as variacións na emisión da radiación solar, ou a cantidade de enerxía que alcanza a terra por cambios na concentración de po interestelar, o contido de po de orixe volcánica na atmosfera, ou o campo magnético terrestre. Outras teorías baséanse en elementos internos do sistema climático que se cre que teñen tempos de resposta suficientemente longos para dar lugar a fluctuacións no rango dos 10 ka a 1 Ma, incluíndo a expansión e retracción das masas de xeo, a formación dos casquetes polares ártico e antártico, a distribución do dióxido de carbono (CO₂) entre a atmosfera e o océano e a circulación profunda das augas oceánicas.

Tan só a hipótese orbital, proposta por Milutin Milankovitch nos anos 20 de século XX, foi capaz de predicir a frecuencia das principais fluctuacións climáticas do Cuaternario. Esta hipótese suxire que os cambios na insolación das latitudes medias norte durante o verán foron críticos para a formación dos xeos continentais. Naqueles períodos nos que a insolación de verán era reducida, a neve caída no inverno preservouse -un



Os parámetros orbitais da terra modifícanse ó longo do tempo cun patrón cásique periódico, e parecen ser os causantes principais do cambio climático, o cal sería logo potenciado polas variacións nas concentracións de gases invernadeiros, sobre todo CO_2 e CH_4 .

efecto á súa vez potenciado polo elevado albedo das áreas cubertas de neve ou xeo, que reforza as perdas de enerxía-. Polo tanto, ademais dos cambios anuais, a distribución espacial e latitudinal da radiación solar recibida na terra -o balance radiativo- ten un longo período de fluctuación que se debe a variacións nos elementos orbitais: a excentricidade da órbita terrestre, a oblicuidade -ou inclinación do eixo da Terra con respecto ó plano da órbita- e a precesión climática -unha medida da distancia da Terra ó Sol durante os solsticios-. As súas variacións ó longo do tempo pódense expresar como funcións trigonométricas cásique periódicas.

Durante os últimos 3 Ma a excentricidade da órbita terrestre variou entre 0, órbita case circular, e 0,07, órbita lixeiramente elíptica, cun período medio de 100 ka. A inclinación do eixo terrestre varía entre os 22° e os 25° cunha periodicidade de 41 ka. En canto a precesión, ten un período medio de 21 ka. Debido a esta precesión, mentres que hoxe o solsticio de inverno ten lugar cerca do perihelio, hai uns 10 ka tiña lugar cerca do afelio. Máis aínda, dado que a lonxitude das estacións astronómicas varía de acordo coa segunda lei de Kepler, os solsticios e equinoccios tiveron lugar en datas distintas ao longo do pasado xeolóxico e sufrirán máis variacións no futuro. Actualmente no hemisferio norte as estacións máis longas son a primavera (92 días e 19 horas) e o verán (93 días e 15 horas), mentres que o outono (89 días e 20 horas) e o inverno (89 días) son notablemente máis curtos. Dentro de aproxi-

madamente 4,5 ka, a primavera e o inverno serán igual de curtos e en consecuencia o verán e o outono igual de longos.

A influencia combinada dos tres parámetros antes indicados produce un complexo patrón de variacións na insulación. Unha análise detallada dos cambios na radiación solar diaria amosa que está afectada principalmente polas variacións da precesión, aínda que a oblicuidade xoga un papel importante nas latitudes elevadas, esencialmente no hemisferio que está no inverno. Os efectos sobre a radiación solar incidente debidos á inclinación do eixo da Terra son iguais nos dous hemisferios. A precesión, nembargantes, pode dar lugar a invernos cálidos e veráns fríos nun hemisferio e os efectos opostos no outro.

Dado que as fluctuacións nos parámetros orbitais implican cambios lixeiros ou moderados no reparto da insulación, pero cambios drásticos no clima do planeta, asumíuse que existen mecanismos amplificadores controlados por acoplamentos océano-atmosfera (correntes oceánicas e o efecto fonte-sumidoiro de CO_2), biosfera-atmosfera (variacións na cobertura vexetal) e modificacións na concentración dos gases de efecto invernadeiro.

As investigacións levadas a cabo en sedimentos mariños e lacustres, aneis de árbores, turfeiras e xeos glaciares dos casquetes ártico e antártico para reconstruír a historia dos cambios climáticos cuaternarios, amosan que os procesos de acoplamento e retroalimentación dentro do sistema climático son unha chave para poder interpretar os cambios abruptos do clima. Os datos achegados recentemente pola testemuña de xeo, de máis de 3,5 km de profundidade, mostrado en Vostok (Antártida), indican que nos últimos 420 ka tiveron lugar catro ciclos glaciario-interglaciario que, a pesar das diferencias, teñen unha mesma secuencia de interglaciares cálidos, seguidos de episodios interstadiais progresivamente máis fríos, terminando cunha rápida recuperación cara ó seguinte interglaciario. Durante estes ciclos hai unha clara relación entre a concentración atmosférica de gases de efecto invernadeiro (CO_2 e