



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HIDROMETEOROLOGICA

PROYECTO MARNR-GTZ/DHM-RODECO
FORTALECIMIENTO DE LOS SERVICIOS NACIONALES HIDROMETEOROLOGICOS

V CURSO DE
HIDROLOGIA OPERATIVA PARA TECNICOS MEDIOS

CLIMATOLOGIA



MARNR

Caracas, Junio de 1992



FACULTAD DE
INGENIERIA

Universidad Central de Venezuela

INDICE

LA TIERRA Y EL UNIVERSO	1
RADIACION	5
TEMPERATURA	7
PRESION ATMOSFERICA	9
HUMEDAD ATMOSFERICA Y PRECIPITACION.....	10
VIENTOS	13
ASPECTOS CLIMATOLOGICOS.....	16
EL CICLO HIDROLOGICO	32
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	42

LA TIERRA Y EL UNIVERSO

1. ¿Cuáles son los planetas del sistema solar, en orden de cercanía al Sol?

R Los planetas del sistema solar:

PLANETAS	DISTANCIA AL SOL EN MILLONES DE km
MERCURIO	58
VENUS	108
TIERRA	150
MARTE	228
JUPITER	778
SATURNO	1426
URANO	2870
NEPTUNO	4500
PLUTON	

2. ¿Cómo está compuesta la Tierra?

R La Tierra está compuesta por tres capas, a saber:

- a) LITOSFERA: parte sólida.
- b) HIDROSFERA: cuerpos de agua.
- c) ATMOSFERA: zona de aire.

3. ¿Qué es la litósfera?

R Representa la parte sólida de la Tierra; está constituida por el núcleo terrestre con un peso específico de 9-11, por dos capas intermedias divididas por un nivel divisor, la primera capa intermedia tiene un peso específico de 6-7 y la última tiene un peso específico de 3-4.

4. ¿Qué es la hidrósfera?

R Bajo este nombre se entienden todos los mares, océanos, ríos, riachuelos, inclusive los ríos subterráneos de la Tierra.

5. ¿Qué es la atmósfera?

R Es una mezcla de gases. En sus partes principales, es una mezcla de un gas tan inerte como el nitrógeno, activo como el oxígeno y diversos residuos de gases.

6. ¿Cuales son los componentes de la atmósfera?

R La atmósfera está constituida por:

78% de Nitrógeno

21% de Oxígeno

0.96% de Argón

0.03% de Anhídrido Carbónico

0.01% de residuos de gases como helio, neón, criptón, xenon, argón e hidrógeno.

Constituyentes menores y variables de la atmósfera son también el ozono y el vapor de agua, en las capas más altas se encontrarán principalmente hidrógeno y helio por ser los más livianos.

7. ¿Enumere las capas de la Atmósfera?

R a) Troposfera

b) Estratosfera

c) Ionosfera

d) Magnetosfera

8. ¿Cuáles son los movimientos de la Tierra y cuanto duran?

R Los movimientos de la Tierra son:

a) Rotación: la Tierra gira sobre si misma en 23 horas 56 minutos 4.1 segundos, prácticamente en 24 horas.

b) Traslación: la Tierra gira alrededor del Sol en 365 días a una velocidad de 29.5 km/s.

9. ¿Qué inclinación tiene el eje de rotación de la Tierra con respecto al plano de rotación de la eclíptica?

R La inclinación del eje de rotación con el plano de la eclíptica, es de aproximadamente 23°27'.

10. ¿Qué es el Ecuador?

R El círculo imaginario que divide a la Tierra en dos hemisferios iguales, el hemisferio norte hacia el polo norte y el hemisferio sur hacia el polo sur, se denomina Ecuador.

11. ¿Qué son meridianos?

R Por ser la Tierra una esfera se pueden trazar también círculos, que salen del polo norte hacia el polo sur y al otro lado de la Tierra de nuevo hacia el polo norte. Dichos círculos son llamados longitudes o meridianos.

12. ¿Qué son paralelos?

R Son círculos paralelos al ecuador.

13. ¿Qué es latitud?

R Distancia angular desde un punto de la superficie terrestre al plano ecuatorial.

14. ¿Qué es longitud?

R Distancia angular desde un punto de la superficie terrestre al meridiano de Greenwich (0°).

15. ¿Por donde pasa el meridiano de Greenwich?

R El meridiano de Greenwich (0°) pasa por el observatorio de Greenwich cerca de Londres, por eso el nombre de meridiano de Greenwich o Londres.

16. ¿Qué son las coordenadas de un lugar?

R Es un sistema de referencia que permite determinar la posición de un punto en la superficie terrestre, estas son la latitud y la longitud.

17. ¿Cuántos kilómetros son un grado?

R Un grado sobre un meridiano equivale aproximadamente a 111 km, y sobre un paralelo es función de la latitud, $1^\circ = 111 \cdot \cos\theta$; es igual a 11 km sobre el Ecuador.

18. ¿Qué es una milla náutica y a cuantos metros es igual?

R Es una unidad de medida y equivale a 1852 m.

19. ¿Qué es el Tiempo Medio Greenwich (TMG)?

R Es la hora con la cual se rigen todos los países.

20. ¿Qué es la Hora Legal de Venezuela (HLV)?

R Es la hora que rige a Venezuela en comparación con el meridiano de Greenwich, y pertenece al meridiano de 60°00' W, el cual tiene una diferencia de 4 horas con respecto al TMG.

21. ¿Qué determina las estaciones?

R Las estaciones están determinadas por el movimiento de traslación de la Tierra; esta se traslada alrededor del Sol sobre una trayectoria en forma de elipse, y en la cual el Sol ocupa uno de los focos. Por consiguiente, la distancia de la Tierra al Sol es continuamente variable.

Como la Tierra hace su recorrido alrededor del Sol, siempre y durante todo el año con la misma inclinación de su eje y sobre el plano de la eclíptica, resultará que el Sol, aparentemente, se vertical 1 ó 2 veces en el transcurso del año en todas las latitudes de la Tierra que están comprendidas entre 23°27' N y 23°27' S. Se modifica en todo este trayecto la inclinación del radio vector Sol - Tierra, con el plano del ecuador, y por lo tanto, de los rayos solares. En este largo proceso de un año, han ocurrido para todos los puntos de la Tierra grandes alteraciones en la cantidad de rayos solares

recibidos, al igual que variaciones en la inclinación del radio vector Sol-Tierra, lo que determinará el desarrollo de las cuatro estaciones del año: primavera, verano, otoño, invierno.

22. ¿Cuáles son las fechas de inicio y fin de las estaciones?

R

FECHA	H.N	H.S	DURACION
22 diciembre al 21 marzo	invierno	verano	89 días
21 marzo al 21 junio	primavera	otoño	92 días
21 junio al 23 septiembre	verano	invierno	94 días
23 septiemb. al 21 de dic.	otoño	primavera	90 días

23. ¿En cuáles meses el Sol se encuentra sobre una línea recta (zenit) perpendicular al plano tangente imaginario que contiene a Venezuela?

R Venezuela, situada entre 2° y 11° latitud norte, el radio vector Sol-Tierra está dos veces en el zenit (es decir los rayos son perpendiculares a Venezuela). Los períodos cuando ocurre este fenómeno, son el 16-27 de abril y el 16-27 de agosto.

RADIACION

1. ¿De dónde proviene la radiación que llega a la Tierra?

R La radiación que llega a la Tierra proviene del Sol; es la principal fuente de energía, la cual altera las condiciones meteorológicas de la Tierra. El Sol emite dos tipos de radiaciones la Corpuscular y la Ondulatoria.

2. ¿Qué es la constante solar?

R La cantidad de energía de radiación solar que llega por cm^2 y cada minuto al límite de la atmósfera, se llama constante solar. Definimos, pues, como constante solar, la cantidad de energía medida en calorías (gramos calorías) por minuto recibida por cada cm^2 de la cima de la atmósfera, que se sitúa a 1000 km de altitud.

3. ¿En qué unidades se mide la radiación solar?

R Unidades: $\text{cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{minutos})$, o en $[\text{vatios}/\text{m}^2]$ más recientemente utilizada.

4. ¿Qué es una caloría?

R Una caloría es la energía necesaria para aumentar la temperatura de 1 cm^3 de agua de 14.5° a 15.5° grados centígrados.

5. ¿Qué es el albedo?

R Si la cantidad de la radiación solar que llega a la cima de la atmósfera, es 100%, pues, por reflexión en el límite (espejo difuso) se pierden 42% del total, mientras 58% pueden penetrar en la atmósfera. Los 42% por reflexión son llamados el albedo de la Tierra.

6. ¿Cuánto vale la constante solar?

R El valor de la unidad de la constante solar es de: $1.94 (\text{cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min}))$.

7. ¿Qué origina la disminución de la radiación solar en la atmósfera?

R

- a) La Absorción: propiamente dicha por los gases de la atmósfera y por el vapor de agua que contiene el aire, por las partículas de distinta naturaleza en suspensión en la atmósfera.
- b) La Reflexión: hacia el espacio, por esos mismos agentes.
- c) La Dispersión: de la luz, por esos mismos agentes.

8. ¿Qué origina el cielo azul?

R Los rayos azules de la luz solar sufren la dispersión. Estos llegan en forma de zig-zag separadamente a nuestro ojo y a nosotros nos parece el cielo de color azul. Si subimos en un avión a grandes alturas, por haber menos capa de aire encima, la dispersión es menor y el cielo en pleno día tiene color violeta. Subiendo más y más, se oscurece el cielo, y en pleno día ya se pueden observar todos los planetas y estrellas y llegando a la cima de la atmósfera, el cielo estará completamente negro, como durante la noche.

9. ¿Qué origina la luz difusa?

R Es originada por el recorrido en zig-zag, que por la dispersión hace una pequeña parte de la radiación solar en la atmósfera, está puede penetrar por ventanas, puertas, etc., en las casas, permitiendonos ver y leer en el interior de las casas.

10. ¿Cómo varía la radiación en Venezuela a través del año?

R Varía de acuerdo a los obstáculos presentes en la atmósfera. Presenta un máximo en época de sequía y un mínimo en época lluviosa.

11. ¿De qué depende el número de horas del Sol?

R La cantidad de horas del Sol es modificada diariamente por la razón astronómica de la variación de la inclinación de la Tierra, y por la cantidad de nubes.

TEMPERATURA

1. ¿Qué es la temperatura?

R La definimos como el estado térmico de un cuerpo; es decir, es el valor o índice del estado de energía de calor, que tiene un cuerpo. Es un valor numérico que sólo sirve para especificar en que estado de calentamiento se encuentra un cuerpo.

2. ¿En qué unidades se mide la temperatura?

R Escalas:

CELSIUS (° Centígrados (°C))
FAHRENHEIT (° Fahrenheit (°F))
KELVIN (° Kelvin (°K))

3. ¿Reduzca 100° Fahrenheit a grados Centígrados?

R Conversión: $1^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} * (9/5)) + 32$

$$100^{\circ}\text{F} \text{ -----} > 37.78^{\circ}\text{C}$$

4. ¿Reduzca 0°C a grados Fahrenheit?

R Conversión: $1^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) * (5/9)$

$$0^{\circ}\text{C} \text{ -----} > 32^{\circ}\text{F}$$

5. ¿Reduzca 5°C a grados Kelvin?

R Conversión: $1^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273.16$

$$5^{\circ}\text{C} \text{ -----} > 278.16^{\circ}\text{K}$$

6. ¿Cómo varía la temperatura en Venezuela a través del año?

R En general, la mínima de la temperatura corresponde a mediados del mes de enero y la máxima a fines de julio. La razón que la mínima y máxima no coincide con la época de menor y mayor insolación es, que la insolación disminuye o aumenta de un día a otro hasta que la cantidad recibida es menor o mayor que la irradiada, siendo el efecto acumulativo, por lo que la temperatura disminuye o aumenta gradualmente hasta llegar a un mínimo o máximo que queda desplazado en casi un mes con respecto a la época de menor o mayor insolación. En Venezuela se presentan dos máximos y dos mínimos de temperatura, por pasar vertical el Sol dos veces durante el año.

7. ¿Cómo varía la temperatura durante el día?

R Al calentarse la Tierra, se produce por irradiación, el calentamiento de la capa de aire que está inmediata a ella. Como el Sol recorre el espacio de horizonte a horizonte, saliendo en el Este y poniéndose hacia el Oeste, lógicamente la temperatura del suelo y de la atmósfera próxima al suelo no puede tener un sólo y constante valor, sino que se irá modificando durante el curso del día, de acuerdo con la inclinación de los rayos solares con la Tierra. Esta variación va creciendo desde un mínimo en la madrugada hasta un máximo pasado el mediodía, para ir luego decreciendo hasta la puesta del Sol y durante la noche. Este proceso se produce en forma regular, siempre que los elementos

meteorológicos sean normales. Por varias causas, como nubosidad, precipitación, diferentes masas de aire, tal regularidad suele ser fuertemente alterada.

8. ¿Cómo varía la temperatura con la altura?

R La temperatura disminuye al aumentar la altura. La causa de la disminución de la temperatura con la altura es que la atmósfera se calienta indirectamente vía la Tierra, o la Tierra como una estufa, más cerca de ésta, más calor recibe la atmósfera, más lejos de la estufa, menor energía calórica puede tener la atmósfera.

La disminución de temperatura se produce normalmente hacia arriba, pero puede, producirse el fenómeno inverso; en la estratosfera aumenta la temperatura hacia arriba. Este proceso se le llama "INVERSION DE TEMPERATURA". Esta inversión de temperatura puede producirse también cerca del suelo, al llegar la noche. La temperatura del aire en la altura es entonces mayor que la de la superficie del suelo y la de la capa del aire intermedia. Esta inversión se llama inversión del suelo.

9. ¿Cuánto es el gradiente altotérmico?

R El valor medio adoptado internacionalmente del gradiente altotérmico es: 0.65°C por cada 100 metros.

10. ¿Cómo varía la temperatura con la cercanía o la lejanía al mar?

R El agua de mar es un buen conductor del calor, el cual se trasmite a grandes profundidades, muy superiores a las de la Tierra misma. El agua, no obstante, se calienta con extraordinaria dificultad; necesita relativamente la mayor fuerza calórica; por el contrario, restituye al aire, por mucho tiempo, gran cantidad de calor o, lo que es lo mismo, se enfría muy lentamente. La cantidad de radiación que recibe el mar no es uniforme, pues depende de la mayor o menor verticalidad de los rayos solares, de la declinación del Sol y de la situación geográfica. Debido a todas estas causas, la temperatura aumenta con la cercanía del mar y disminuye paulatinamente con la lejanía de este.

PRESION ATMOSFERICA

1. ¿Qué determina la presión atmosférica de un lugar?

R Es determinada por el peso de una columna de aire, cuya altura es la de la capa de la atmósfera, ejerciendo una fuerza sobre cada centímetro cuadrado. La temperatura y el estado de humedad son causas que originan una variación en el peso específico del aire, lo cual se traduce en una variación de la presión atmosférica.

2. ¿En qué unidades se mide la presión atmosférica?

R UNIDADES

CONVERSION

milímetros

1 mm = 0.0394 pulgadas

pulgadas

1 pulg = 25.4 mm = 2.54 cm

milibares

1 mb = 1000 dinas/cm²; 10⁵dinas/cm² = 1 Nw/cm²

hectopascal

1000 mb = 1 bar

100 pascales == > 1 pascal = 1 Newton/m²
= 1 kg*(m/s²)/m²

3. ¿Por qué disminuye la presión atmosférica con la altura?

R La presión decrece, con la altura, porque con mayor altura sobre el nivel del mar, menor columna de aire se encuentra encima.

4. ¿Cuánto es el gradiente altobárico?

R Hasta cierta altura, digamos hasta 500 m hay un promedio de disminución de presión atmosférica. Cada 8 m de ascenso, la presión disminuye 1 mb. Dicho valor 8 m/(-1mb) se llama gradiente altobárico.

5. ¿Cómo es la variación diaria de la presión?:

R En Venezuela (país tropical) la presión aumenta desde la madrugada hasta las 10 horas, luego decrece hasta las 16 horas, siguiendo comúnmente en ligero aumento hasta las 22 horas, para bajar, a partir de entonces, hasta la madrugada. Es decir que hay dos máximos a las 10 y 22 horas (ésta última menor) y dos mínimas a las 4 y a las 16 horas (la última muy marcada). La diferencia entre la máxima de la mañana (10 horas) y la mínima de la tarde (16 horas) se llama "OSCILACION DIARIA DE LA PRESION". Esta oscilación disminuye a medida que se acerca a las latitudes medias, donde casi desaparece.

En las regiones polares, las máximas y mínimas no ocurren a la misma hora local, sino a la misma hora de Greenwich.

6. ¿Cómo es la variación anual de la presión en Venezuela?

R En Venezuela la presión disminuye a partir de febrero para alcanzar en marzo-abril un mínimo. luego aumenta de nuevo hasta los meses de junio-julio, en los cuales se observa la máxima mayor. A partir del mes de septiembre disminuye otra vez, para alcanzar en el mes de noviembre la mínima del año, y para aumentar después hasta el mes de enero, donde se observa otra máxima secundaria.

HUMEDAD ATMOSFERICA Y PRECIPITACION

1. ¿Cuáles son los estados físicos del agua?

R El agua puede existir simultáneamente en nuestra atmósfera en sus tres (3) estados:

a) Gaseoso (vapor de agua)

b) Líquido (agua)

c) Sólido (hielo)

2. ¿Cómo actúa el vapor de agua en la atmósfera?

R El vapor de agua es distribuido en la atmósfera por dos procesos: uno de ellos por la espontánea difusión del mismo en el espacio, y el otro, que es el más importante, por el transporte que hace la misma atmósfera por los procesos convectivos y por la circulación de la atmósfera.

3. ¿Cómo se forman las nubes?

R Si el aire se enfría, a medida que se acerca a su saturación (punto de rocío), el vapor de agua se condensa alrededor de los diferentes núcleos de condensación. Luego, antes aún de haberse alcanzado el punto de saturación, todos los núcleos tienen a asumir un tamaño aproximadamente uniforme de 0.005 mm (calimas). Debido que durante este proceso de crecimiento forzoso de los núcleos de condensación, se libera el calor latente que contiene el vapor de agua, la temperatura del aire tenderá a aumentarse, y en consecuencia, éste resultará relativamente más seco.

Para que el proceso continúe, será entonces necesario que el aire se enfríe lo suficientemente como para mantenerlo en un estado de ligero sobreenfriamiento, lo que trae consigo que el aire llegue a su saturación y hasta su sobresaturación. A partir de este momento los núcleos de condensación pueden crecer libremente, llamándose este estado, crecimiento voluntario de los núcleos, hasta que estos llegan a un tamaño de 0.005 mm, tamaño suficiente para poderse apreciar con los ojos, llamándose estos núcleos ahora gotitas de agua. El tiempo necesario para el crecimiento de los núcleos hasta formar gotas de agua, es de un promedio de 100 s, pudiéndose apreciar que pueden formarse rápidamente millones de gotas de agua en la atmósfera, el conjunto de ellos representa entonces una nube (ó niebla).

4. ¿Por qué se produce la precipitación?

R Durante el proceso de condensación se forman gotitas de agua de un diámetro de 0.005 mm, que parecen flotar en la atmósfera. En la atmósfera existen actividades que permiten la formación de gotas de agua de mayor tamaño, cuyo peso sea mayor a la fuerza ascendente de la corriente para que puedan precipitarse. Estas actividades son:

a) La coagulación de las gotitas de agua ó la unificación de éstas según un plan llamado la ley de gotas de igual tamaño.

b) El movimiento BRONW, ó el movimiento en zig-zag de los gases de la atmósfera.

c) Turbulencia.

d) Diferencia en la velocidad descendente de gotas de diferente tamaño.

Debido a todas estas actividades se forman entonces gotas de agua de tamaño de 0.5 mm llamándose esta forma de precipitación "llovizna", o aun más grande hasta 5 mm llamándose esta forma de precipitación "lluvia".

5. ¿En qué unidades se mide la precipitación?

R Las unidades más utilizadas son los milímetros, es decir la altura de agua caída en un tiempo dado.

6. ¿Cómo varía la precipitación con la cercanía al mar?

R Los océanos constituyen los orígenes principales de la humedad atmosférica; la precipitación será por lo tanto mayor en los puntos en que la dirección predominante de los vientos es la de mar a Tierra. El rápido decrecimiento de la precipitación acuosa a medida que nos dirigimos hacia el interior partiendo de la costa oeste americana (por encontrar la cadena de montañas) nos indica la poca extensión del clima oceánico en aquel continente, mientras que la gradual disminución de las lluvias al avanzar hacia el este muestra la gran distancia a que llega la influencia del mar. La lluvia en los climas marítimos es predominante orográfica, y en general está distribuída convencionalmente durante el curso del año, mientras que en los climas continentales la lluvia ocurre principalmente en verano, como resultado de una perturbación convectiva ocasionada por las altas temperaturas de esta estación.

7. ¿Cuáles son los tipos de precipitación?

R Según los fenómenos meteorológicos que las originan o que las acompañan se dividen las precipitaciones en tres clases:

- a) **PRECIPITACIONES CICLONICAS O DE FRENTE:** es el tipo más común de precipitaciones y se producen en todas las partes de la Tierra.
- b) **PRECIPITACIONES POR CONVECCION:** cuando la insolación es suficiente para aumentar la temperatura de la superficie del suelo éste comunica calor al aire, saturado o no, en su venticidad, se dilata y se elevan numerosas células de convección. En su ascenso se enfrían según el gradiente adiabático seco, 1°C por cada 100 m, o saturado, del orden de 0.5°C por cada 100 m, según se encuentran seca o saturadas hasta alcanzar su punto de condensación a una altura llamada de nivel de condensación, a partir de la cual se forman las nubes tipo cúmulus. Si el ascenso continúa hasta encontrar una temperatura bastante baja o un grado de turbulencia fuerte se pueden originar lluvias fuertes acompañadas de relámpagos y truenos que son típicamente tropicales y también característicos de las zonas templadas en los períodos cálidos.
- c) **PRECIPITACIONES OROGRAFICAS:** son el resultado de la ascensión de vientos cargados de humedad, procedentes del mar; generalmente cuando encuentran una barrera de montañas o pasan de la zona de influencia de un mar relativamente caliente a la superficie de un suelo más frío. El aire se enfría y se condensa para formar nubes tipos stratus, stratocumulus y altostratus que dan lugar a precipitaciones.

Por regla general, la precipitación es mayor en la zona ecuatorial y disminuye al aumentar la latitud. En un mismo sitio la precipitación puede ser mayor o menor que en otras épocas, pero sus valores tienden a regresar a la media.

8. ¿Cómo varía la precipitación con la altura?

R Las montañas disfrutan por lo general de más lluvias que las tierras bajas de situación análoga. El aumento de lluvia en las tierras se explica por el enfriamiento del aire: 1) al subir obligadamente por la pendiente; y 2) al entrar en contacto con las tierras frías de las grandes altitudes. El aumento de lluvia es más pronunciado cuando el relieve opone una barrera a los vientos cargados de humedad, es decir, cuando la lluvia es orográfica y menos marcado en las regiones de calmas, en las que la lluvia es convectiva. Además la cantidad de vapor acuoso que puede contener el aire no es función simple de la temperatura, sino que el aumento por grado en el aire caliente es mayor que en el frío, por este motivo, la ascensión del aire en las latitudes tropicales origina lluvias más fuertes que una ascensión similar en climas templados. Además, la pérdida de temperatura al ascender el aire es mayor en las bajas latitudes que en las altas.

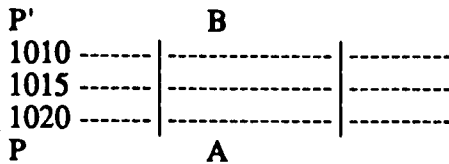
9. ¿Cómo varía la precipitación en sotavento y en barlovento?

R De acuerdo a los gráficos podemos concluir: aire cálido, rico en humedad que pasa sobre una montaña o de aire frío forma nubes que precipitan a barlovento, la nube se disipa a sotavento porque el aire al descender aumenta su temperatura.

VIENTOS

1. ¿Qué relación existe entre la presión y los vientos?

R



Si consideramos algunas líneas isobáricas "paralelas" en la altura y tomemos 2 puntos P y P' que tienen una distancia de 111 km (1 grado latitud). El gradiente bórico horizontal es definido como la diferencia de presión entre P y P', en este caso será: 10 mb / 111 km.

Podemos decir que el gradiente bórico es la fuerza debida a la diferencia de presión atmosférica, perpendicular a la isobara y dirigida desde la mayor presión a la menor. A causa de esta fuerza, las partículas del aire en P empiezan a moverse hacia P', lo que introduce un flujo de la masa de aire de la mayor presión (A) hacia la menor (B). A éste movimiento de aire se le conoce como el viento. Podemos decir, que cuando mayor es el gradiente bórico horizontal (mayor diferencia de presión), más rápido es el movimiento del aire, y con menor gradiente bórico horizontal (menor diferencia de presión), más lento es este movimiento.

2. ¿Qué se mide del viento?

R Necesitamos conocer:

- dirección de donde sopla el viento.
- recorrido.
- velocidad (celeridad o módulo del factor velocidad).

3. ¿Cómo es la circulación general de los vientos en la Tierra?

R La distribución desigual de la energía del Sol debido a la latitud y la variabilidad de la capacidad de absorción de la superficie terrestre, originan movimientos del aire.

La atmósfera, como parte de la Tierra, gira con ella de oeste a este, en el ecuador se mueve el aire hacia el este con una velocidad mayor de 1600 km/h, se reduce a la mitad a los 60° de latitud y en los polos es cero. Por estar el suelo animado por la misma velocidad, estos movimientos no son advertidos por un observador terrestre.

Se define al viento como al aire en movimiento horizontal y su dirección es desde donde viene. Si un observador se ubica en el hemisferio norte girará con la Tierra y no se percatará de su rotación, pero notará que cualquier cuerpo que se mueve en un plano horizontal, paralelo al suelo, que se desviará a la derecha de su trayectoria. Si el observador se ubica en el hemisferio sur, la desviación tendrá lugar a la izquierda de la trayectoria. Si la Tierra se aplanara por los polos y tomara la forma de un disco, al moverse un cuerpo desde el centro hacia el borde del disco no seguirá una trayectoria recta hacia A, si no que se desviará hacia A'.

Esta fuerza desviadora, que es debida a la rotación de la Tierra, se llama fuerza de coriolis, la cual tiene la siguiente expresión:

$$F=2wv\text{sen}\Theta$$

donde:

w: velocidad angular de rotación de la Tierra.

v: velocidad del viento.

Θ : latitud geográfica.

Si la Tierra no tuviese ningún movimiento y fuese uniforme, el aire cercano al ecuador se calentaría con más intensidad, se dilataría y se elevaría para ser sustituido por aire más frío y denso proveniente de las inmediaciones de los polos. Sobre la superficie; los vientos seguirían la dirección de los meridianos de norte sur en el hemisferio sur. En la altura los vientos seguirían el sentido contrario que cerca de la superficie. En cada hemisferio se tendrá una inmensa célula convectiva.

El flujo horizontal se desplaza de la presión alta a la baja (de frío a caliente) cerca de la superficie, en la altura ocurre lo contrario para formar una circulación térmica.

Los vientos no siguen la dirección de los meridianos desde las altas a bajas presiones, pues sus trayectorias están influenciadas por la fuerza de coriolis y la desigual distribución de las tierras y los mares y se obtiene una circulación, como la que se resume a continuación:

- a) En la zona ecuatorial ascienden las masas de aire caliente y húmedos y son reemplazados por los vientos de superficie llamados alisios. El aire que asciende en estas zonas, parte de bajas presiones, pero que son mayores que las que se encontrará en altura.
- b) Las masas de aire que suben en la región ecuatorial hacen un gran recorrido en altura con el nombre de contraalisios, se enfrían en las regiones superiores y descienden por subsidencia a las zonas tropicales.

En la figura 1 se dan las circulaciones que ocurren en las zonas de bajas y altas presiones de acuerdo a cada hemisferio.

4. ¿Qué son los vientos alisios?

R

Considerando la fuerza de coriolis, que es causada por la rotación de la Tierra, podemos calcular la distribución de los vientos en la superficie de la Tierra, desde el punto de vista de la distribución de las presiones atmosféricas. Por la fuerza desviadora las 6 zonas de vientos permanentes reciben una desviación hacia la derecha e izquierda según los hemisferios. En el hemisferio norte los vientos del cinturón anticiclónico hacia el hundimiento intertropical soplan de dirección noreste, llamados estos vientos por su permanencia casi constantes los "Alisios del Noroeste". Del mismo cinturón anticiclónico hacia la baja presión de las zonas templadas sopla el viento del suroeste. Dichos vientos, por varios fenómenos que ocurren en esta zona no son constantes, sino en esta zona prevalecen solamente los vientos del suroeste y del oeste, por lo que se ha llamado esta la "Zona de los vientos prevalecientes del Oeste". De la capa polar hacia la zona de bajas presiones sopla, desviado por la fuerza de Coriolis, el viento del Noreste, que tampoco es tan constante como el alisio. En el hemisferio sur, por la desviación hacia la izquierda, soplan los vientos del cinturón anticiclónico hacia el hundimiento intertropical de dirección sureste, llamándose esta zona, por ser permanente los vientos, zona de los alisios del sureste. Luego hay una zona con vientos prevalecientes del noroeste, y al fin de la capa polar sure sopla el viento de nuevo del sureste.

5. ¿Cómo son los vientos tierra-mar?**R**

- a) la brisa de mar (día): al ir subiendo el Sol sobre el horizonte, va aumentando progresivamente la temperatura de la tierra, y comienza el proceso de convección de las capas de aire cerca de la superficie de la tierra, por tener el aire cálido menor densidad. La presión atmosférica en tierra es entonces algo menor que en el mar. Por el gradiente bórico dirigido del mar, se forma una corriente de aire desde el mar hacia la tierra, corriente ésta, que va aumentando de intensidad hasta que la brisa del mar como se llama, queda establecida a las pocas horas de haber salido el Sol. La corriente inferior se compensa por una corriente en la altura dirigida de la tierra hacia el mar, estableciéndose así un circuito local cerrado.
- b) La brisa de la tierra (noche): Por la noche conserva el mar casi la misma temperatura que durante el día. El aire, por consiguiente, sobre el mar es más caliente que el de la tierra, que por irradiación ha perdido mucha parte del calor almacenado durante el día. Considerando las diferencias de densidad del aire sobre tierra y mar, la presión sobre tierra es relativamente mayor que sobre mar y el gradiente bórico está dirigido hacia el mar, dirigiéndose entonces una corriente de aire de la tierra al mar. Se ha formado así un proceso exactamente inverso al del día, llamado brisa de la tierra.

6. ¿Cómo son los vientos Valle-Montaña?**R**

- a) Brisa del valle (día): cuando las cimas de las montañas están expuestas a toda la intensidad de los rayos solares, lo que ocurre durante las primeras horas del día, se calientan más que el fondo del valle en que todavía no puede entrar el Sol.

Por tener menor densidad que los alrededores en la atmósfera libre, se elevan los paquetes de aire cálido y para compensar, por succión, se forma una corriente de aire del fondo del valle hacia las cimas, llamada brisa del valle. En los centros del valle se establece una corriente descendente, que es muy peligrosa para los aviadores, los cuales la llaman "vacíos de aire".

- b) Brisa de montaña (noche): de noche sucede lo contrario. Las cimas pierden calor más rápidamente que el valle, estableciéndose entonces una corriente descendente en las vertientes de las montañas, que se llama brisa de la montaña.

7. ¿Qué es el efecto coriolis?

R El efecto coriolis es una fuerza desviadora, la cual es debida a la rotación de la Tierra.

ASPECTOS CLIMATOLOGICOS

1. ¿Cuáles son los elementos del clima?

R

- a) **Radiación Solar:** La radiación proveniente del Sol se compone de rayos de tres clases, diferenciados por sus respectivas longitudes de onda: rayos caloríficos, rayos luminosos y rayos actínicos; los rayos de cada una de estas clases, al ser interceptados por cuerpos sólidos, producen sus propios efectos en grado variable según la naturaleza de la superficie en que inciden. Desde el punto de vista climatológico los más importantes son los rayos caloríficos, y la temperatura es la manifestación más importante de la energía solar.
- b) **Temperaturas al Sol:** las cifras registradas en climatología se refieren generalmente a la sombra, es decir, a la temperatura del aire medida con las debidas precauciones para excluir la influencia directa de los rayos solares. Como saben todos por experiencia, hace más calor al Sol y es muy interesante conocer las cifras referentes a la temperatura al Sol. Generalmente se toman mediante termómetros cuyos depósitos están revestidos de una capa de negro de humo y colocados en un recipiente al vacío; el elemento medido es la intensidad de calor radiante.
- c) **Temperaturas a la sombra:** ningún elemento meteorológico es tan importante para los seres vivos como la temperatura; ninguno ejerce una influencia tan marcada sobre la distribución humana sobre la tierra. Por ello se considera a la temperatura como el elemento más importante para la clasificación de los climas y se dedica especial cuidado a su exacta determinación.
- d) **Temperatura sensible:** la temperatura registrada por el termómetro no siempre concuerda con la sensación producida en el cuerpo humano. La sensación depende de otras condiciones atmosféricas, las más importantes de las cuales son el movimiento del aire y la humedad. El cuerpo humano está refrigerado por un doble proceso de radiación y evaporación (del líquido procedente de las glándulas sudoríparas) y todo lo que favorezca uno de estos dos fenómenos dará sensación de menor temperatura.
- e) **Humedad:** la diferencia en menos de la temperatura con depósito húmedo respecto a la temperatura con depósito seco ofrece un medio de calcular la humedad del aire, es decir, el vapor de agua que contiene, elemento muy importante, no solamente por sus efectos biológicos, sino también por su influencia sobre el régimen de lluvias. Pero su valor se encuentra sujeto en muchos climas a rápidas fluctuaciones bajo la influencia de la dirección del viento, especialmente por el aporte de humedad que puede realizar éste. Por dicho motivo, las cifras medidas de la humedad relativa son de poco valor y los mapas que la indican son poco usados, aunque las consecuencias de la humedad, es decir, la nubosidad y la lluvia, figuran representadas en todos los atlas de meteorología.
- f) **LLuvia:** después de la temperatura, constituye la lluvia el más importante de los elementos climáticos. La utilización agrícola y ganadera de la tierra es la única fuente real y duradera de riqueza para el hombre, y ambas dependen en gran parte de la lluvia.
- g) **Nieve:** La precipitación en forma de nieve se incluye en la lluvia, pero su medida presenta considerables dificultades. La influencia que ejerce la nieve en la vida humana es muy variable y tan importante que la época de las nevadas constituye un dato del mayor interés. Su acción es particularmente importante en los transportes por ferrocarril y carretera, obstaculizándolos y obligando a cuantiosos gastos para restablecer la circulación. Por otra parte, proporciona un cómodo medio de transporte mediante trineos, de los cuales depende en buena parte el éxito de la industria de la madera. Protege a las plantas contra los nocivos efectos de las fuertes heladas.

- h) **Rocio, Niebla y Calima:** El vapor de agua puede condensarse sin que se produzca necesariamente la lluvia, originando el rocío, la niebla y la calima, formas de condensación cuya frecuencia y distribución estacional merecen especial mención al dar los datos climáticos de un lugar determinado. Influyen muy poco en la precipitación acuosa, porque se pierden en bastante proporción por evaporación, pero ejercen un efecto apreciable en la vegetación de ciertos climas.
- i) **Nubosidad y Exposición al Sol:** En alturas superiores a las de ras del suelo, el enfriamiento del aire por debajo del punto de condensación origina las nubes, las cuales interfieren la luz solar en mayor o menor grado. La duración de la exposición al Sol (señalada en los mapas por líneas de igual duración denominadas isohelias) no es la inversa de la nubosidad, ya que las posibles horas de Sol varían en cada mes con la latitud y, en menor proporción con la altitud. Por lo tanto, aunque esté cubierto durante la mitad del día, se observan en el polo las mismas horas de exposición al Sol que el máximo posible en el ecuador. La naturaleza de las nubes y su posición en el cielo afectan también el total de exposición al Sol. La nubosidad es una de las características de los climas marinos y constituye una de las causas que mantienen uniforme la temperatura en dichos climas, ya que durante el día impide la radiación solar y durante la noche la radiación terrestre. Proporcionan protección contra el Sol, lo que representa a veces una ventaja, pero en general, es todo lo contrario. El café y ciertas clases de tabaco requieren sombra, que debe procurárseles en muchos casos artificialmente con grandes expensas. En cambio, la mayor parte de las frutas exigen para su maduración la acción directa del Sol.
- j) **Presión y Vientos:** La presión solamente se puede denominar elemento del clima en las grandes altitudes, cuando es lo suficientemente baja para producir efectos fisiológicos. Como factor es directamente responsable de los vientos y tempestades, elementos de la mayor importancia en el clima. En cuanto al viento, sería tarea molesta e inútil la de intentar separar las circunstancias en que debe considerarse un elemento de aquellas en que constituye más propiamente un factor. El viento influye en la temperatura sentida por el hombre por refrescar el cuerpo mediante la evaporación y la condensación; por otra parte, aunque los climas ventosos son, por lo general, más estimulantes para el hombre y los animales que aquellos en que reina calma, los efectos del viento son a menudo dañinos para las plantas a consecuencia de la evaporación acelerada; el viento puede secar las plantas tanto como el calor más extremado.

2. ¿Cuáles son los factores que afectan al clima?

R

- a) **Latitud:** es el primer factor que debe considerarse al determinar las zonas climáticas, puesto que el único manantial suministrador de calor en cantidad considerable es el Sol y su efecto es mayor cuanto más se aproximan sus rayos a la vertical. El calor recibido por una porción determinada de la superficie terrestre depende de la intensidad y de la duración con que llega a ella la luz solar y ambas dependen de la latitud. La intensidad alcanza su máximo valor cuando los rayos inciden perpendicularmente, debido a que un haz de rayos se extiende así sobre la menor cantidad posible de superficie ya que el espesor de atmósfera que ha atravesado es también mínimo y la absorción será igualmente la menor posible. La duración de la insolación aumenta en verano al crecer la latitud y decrece en invierno, de manera que la mayor duración del día en verano compensa en parte la disminución debida a la oblicuidad del Sol.
- b) **Acción de la Atmósfera:** hasta ahora sólo hemos considerado el valor teórico de la insolación que llega a la superficie del globo, es decir, al límite de la atmósfera, pero para obtener el valor de la insolación que llega a la superficie sólida debemos restarle la pérdida sufrida por la radiación solar al atravesar la atmósfera. El valor de la que llega al suelo queda determinado por dos factores:
- El espesor de aire atravesado, valor fijo y calculable.
 - El grado de transparencia, variable según las nubes, polvo, etc.

Suponiendo iguales las restantes circunstancias, la absorción por la atmósfera será mayor en altas latitudes, donde los oblicuos rayos del Sol tienen que atravesar mayor espesor de aire. El valor de la insolación, proporciona una medida aproximada del efecto calorífico del Sol, pero únicamente es aceptable en líneas generales. Determina la disposición latitudinal que en conjunto presentan las zonas climáticas, pero está modificada en sus detalles por factores tales como la altitud, la influencia del mar, caracteres físicos del suelo, vegetales que lo cubren, etc.; la resultante determina el clima físico.

- c) **Acción de la altitud:** la altura sobre el nivel del mar ejerce una profunda acción en el clima; en muchos aspectos es parecida a la del aumento de latitud. Alguno de los efectos más importantes que ejerce la altitud son:
- Una disminución de la presión.
 - Una disminución de la temperatura media.
 - Un aumento de la precipitación acuosa.
- d) **Influencia de la distribución de tierras y mares en el clima:** después de la variación de la insolación con la altitud, constituye el más importante de los determinantes del clima. Varias propiedades físicas combinan sus efectos para que el agua resulte más conservadora del calor que la tierra; más lenta en calentarse, también más lenta en perder el calor y ejerce una influencia moderadora en la temperatura que se extiende a veces hasta muy lejos en el interior de las tierras. La distancia a que penetra la influencia marítima depende de la dirección predominante del viento y de la facilidad o dificultad que presenta el relieve para el paso del aire procedente del mar. Las diferencias entre climas marítimos y continentales pueden dividirse en tres grupos: 1) lluvia; 2) temperatura y 3) presión y vientos
- e) **Influencia de los lagos:** los lagos moderan el clima de las tierras situadas en sus proximidades en un grado que es, en términos generales, proporcional a la extensión de dichos lagos.
- f) **Influencia de la nieve y el hielo:** la influencia moderadora del agua en sus distintos estados físicos depende de ciertas propiedades, algunas de las cuales, como por ejemplo la mezcla de las distintas capas acuosas, desaparecen al helarse el agua. Las diferencias entre tierra y agua son por consiguiente menos acusadas en las altas latitudes; y los grandes lagos, cuando están helados, ejercen una influencia menor.

La nieve retrasa la aparición de la primavera porque impide que la Tierra se caliente y porque parte del calor se gasta en derretir y evaporar la nieve; por este motivo se observa una aparición más tardía de la primavera en los climas con nieve. Por otra parte, la nieve aumenta la oscilación anual de temperatura por aumentar la radiación en invierno, pero, en cambio, debido a ser un mal conductor, conserva el calor del suelo. Por esta última razón una pronta aparición de las nevadas preserva de la helada los cereales sembrados en otoño, como sucede en Ontario, donde la nieve se presenta antes que las fuertes heladas del invierno, además proporciona humedad a las plantas para que germinen.

- g) **Acción del relieve:** Los pequeños accidentes del relieve desempeñan un papel importante en la distribución en detalle de los climas. La orientación de las líneas del relieve contribuye eficazmente a determinar el curso de los vientos, que tienen a seguir a lo largo de dichas líneas sin atravesarlas. Los valles profundos y las tierras bajas presentan frecuentemente inversiones de temperatura que pueden originar fuertes heladas de las que se encuentran exentas las laderas, mejor drenadas del aire frío. Las laderas que limitan por el norte los valles dirigidos de este a oeste disfrutan de un clima más suave debido a la mayor y más duradera insolación que reciben.

- h) **El suelo y el clima:** La formación geológica y la resultante naturaleza del suelo figuran también entre los factores menores que determinan el clima. Las superficies de colores oscuros absorben los rayos del Sol más que las de colores claros y están por lo general más caliente durante el día, calentando el aire situado encima de ellas y formando así espejismos. Los terrenos secos, tales como las arenas, tienen un calor específico bajo y varían rápidamente de temperatura, mientras que los húmedos, como por ejemplo los arcillosos, retienen la humedad y tienen a conservar el calor y el frío además, si no tienen un buen drenaje, favorecen la formación de nieblas y calimas. También, por la influencia que ejercen sobre la vegetación, modifican fuertemente los efectos del clima, produciendo praderas en donde el clima indicaría bosques o desiertos donde pudiera haber pastos o determina un paisaje que es virtualmente un desierto a pesar de disponer de lluvia suficiente y hasta en abundancia.
- i) **Vegetación y clima:** el clima es el principal determinante del tipo de vegetación, y la presencia de bosques o de prados, por ejemplo, se decide en general por la cantidad de lluvia, pero a su vez la vegetación obra poderosamente sobre el clima. Vemos así que la densa vegetación de las selvas tropicales, por ejemplo, con su enorme transpiración, aumenta la humedad del aire y facilita la lluvia. Este fenómeno ha sido aprovechado para el drenaje de los terrenos pantanosos. Los bosques influyen en la temperatura, especialmente en las máximas, que moderan mediante la sombra que proporcionan, el calor que absorben en la evaporación del agua que transpiran por las hojas y la formación de niebla o de nubes que protegen contra los rayos solares. Por otra parte, interrumpen los vientos, protegiendo a sembrados y poblados; al disminuir la velocidad del viento, disminuye la evaporación del terreno que defienden y protegen contra la aridez; muchas veces se plantan algunas hileras de árboles con este propósito.

3. ¿Cuáles son las principales clasificaciones climáticas y en que se basan?

R De acuerdo a Grosske, las principales clasificaciones climáticas se definen en los siguientes sistemas:

a) **Sistemas efectivos:** los cuales contemplan las características de los climas que se pueden medir numéricamente, considerando también formas definidas de la vegetación. Estos sistemas se llaman también sistemas descriptivos. Entre los sistemas efectivos más importantes se enumeran:

- **El sistema de Wojeikow (1884):** La base de la idea de Wojeikow es que los ríos son el producto del clima. En consecuencia, los ríos deben reflejar el clima de una región. Wojeikow distingue los siguientes tipos de ríos:

- A1) Ríos que reciben su agua de la nieve derritida de planicies y de montañas no altas.
- A2) Ríos que reciben su agua de la nieve derritida de montañas altas.
- A3) Ríos que reciben su agua por las lluvias, teniendo su crecida en el verano.
- A4) Ríos con su crecida en la primavera o en el principio del verano a causa de la derripción de la nieve, pero también proveniente una gran parte del agua de la lluvia.
- A5) Ríos que reciben su agua predominantemente de las lluvias, teniendo una variación anual de la mira relativamente reducida.
- A6) Ríos que reciben su agua por las lluvias, teniendo su nivel más alto en el invierno.
- A7) Ausencia de ríos en desiertos, o los ríos transcurren simplemente el desierto.
- A8) Glaciares.

- El sistema en Penck (1910): Penck distingue tres grupos fundamentales de clima:
 - B1) Clima húmedo:
 - tipo polar
 - tipo no polar:
 - . húmedo
 - . semi-húmedo
 - . semi-nevado
 - . nevado
 - B2) Clima árido:
 - árido-completo
 - semi-árido
 - B3) Clima de nieve.
- El sistema de Martonne (1913): basado en el sistema de Köeppen de 1900, distingue 9 grupos, a saber:
 - C1) Climas calientes sin temporada seca (clima ecuatorial).
 - C2) Climas calientes con temporada seca (clima tropical).
 - C3) Climas monzónicos.
 - C4) Climas templados sin época de hielo (clima sub-tropical).
 - C5) Climas con época de hielo.
 - C6) Climas cálidos de desiertos.
 - C7) Climas fríos de desiertos.
 - C8) Climas fríos con verano templado.
 - C9) Climas fríos sin verano templado.
- El sistema de Köeppen (1900/1923/1931): él define los tipos principales de clima designándole una letra mayúscula, de la siguiente forma:
 - D1) A=clima tropical pluvioso sin estación fría.
 - D2) B=clima seco.
 - D3) BS=clima seco de estepas.
 - D4) BW=clima seco de desiertos.
 - D5) C=clima templado-moderado, pluvioso.
 - D6) D=clima boreal o clima de selvas nevadas.

D7) E = clima frío.

D8) F = clima nevado o clima frío "eterno".

- El sistema de Gorzynski (1945): él se basa en Köeppen, intentando simplificarlo, introduciendo un "sistema decimal", llamado así porque Gorzynski considera 10 tipos de clima que se basan en 5 grupos. Los cuales son:

E1) I Tropical

E2) II Seco

E3) III Templado

E4) IV Extremo

E5) V Nieve

- El sistema de Thornthwaite (1931/1948): este sistema fué inicialmente concebido en el año 1931, basándose en la vegetación, delimitando las regiones de clima por un "Índice Hídrico" que se basa en el cociente de la pluviosidad (P) por la evaporación (E). El índice hídrico se calcula por la suma de los índices hídricos mensuales, resultando los climas siguientes:

CLIMA P/E LA HUMEDAD	DESCRIPCION DE FORMA DE LA INDICE VEGETACION
A húmedo	selva húmeda más de 127
B casi-húmedo	selva 64 a 127
C semi-húmedo	pradera 32 a 63
D semi-árido	estepa 16 a 31
E árido	desierto menos de 16

- El sistema de Creutzburg (1950): Creutzburg se basa en Köeppen, pero no considera la flora como un factor principal del clima. El distingue los grupos de clima siguientes:

F1) Clima tropical.

F2) Clima Sub-tropical.

F3) Clima templado.

F4) Clima frío: - sub-polar
 - polar
 - alto polar

- El sistema de Trewartha(1937/1951): Trewartha no presentó un propio sistema, sino corrigió y simplificó ligeramente el sistema de Köeppen. Se puede considerar el sistema de Trewartha como una especie de "Köeppen mejorado".
- El sistema de Von Wissmann (1939/1962): el sistema de Von Wissmann se basa en Köeppen pero usando valores límites, resultando un apreciable mejoramiento, por que Von Wissmann disponfa de mejores datos de observación, sobre todo respecto al lejano oriente. Von Wissmann define los tipos principales del clima como sigue:

TIPO PRINCIPAL DE CLIMA	LIMITES (temperaturas medias)
I Tropical-cálido	10.3 °C, mes más frío, o el área donde no ocurren temperaturas por debajo de 0°C.
II Sub-tropical	8 meses con temperaturas por encima de 9.5°C.
III Templado-fresco	4°C, media anual.
IV Boreal	10°C, mes más cálido.
V Sub-polar	0°C, mes más cálido.
VI Polar	(siempre por debajo de 0°C).

- El sistema de Troll (1955/1956/1963): Troll conecta a cada tipo de vegetación un tipo de clima, se basa en las estaciones del año y usa el continente ideal de Flohn, resultando 37 tipos de climas. Troll distingue 5 zonas de climas:

- I Polar y sub-polar
- II Frío-templado (boreal y austral)
- III Fresco-templado (selvas) tipo a
- III Fresco-templado (estepas) tipo b
- IV Sub-tropical
- V Tropical
- VI Costero con temporada de aire húmedo.

- El sistema de Schmithuesen (1959/1967): éste presenta un sistema relativamente simple, basándose en la vegetación:

- G1) Cinturón tropical y sub-tropical.
- G2) Cinturón de las zonas templadas.
- G3) Cinturón sub-polar y polar.

- El sistema de Walter (1964/1970): El principio básico de Walter es el mismo de Troll, es decir, Walter se basa en la vegetación para determinar las zonas del clima, pues la vegetación es la consecuencia del clima reinante. Walter conoce las zonas siguientes:

- I Selvas tropicales-húmedas, siempre verdes.
- II Zona tropical con temporada lluviosa en el verano.
- III Desiertos y semi-desiertos tropicales.
- IV Plantas con hojas duras en regiones con temporada lluviosa en el invierno.
- V Zona templada-cálida.
- VI Zona templada.
- VII Regiones áridas en la zona templada.
- VIII Zona boreal de selvas de pinos.
- IX Zona ártica de tundras.
- X Vegetación montañosa.

- b) Sistemas a base de masas de aire: este sistema contempló las zonas climáticas según las áreas de influencia de diferentes masas de aire. Este sistema, en principio bastante satisfactorio, permite solamente conclusiones generales, pues sobre zonas muy grandes de la superficie de la tierra, el material de observación es insuficiente para determinar definitivamente ciertas masas de aire, sus características y sus ocurrencias; además existe un gran número de masas de aire de transición, las cuales no se pueden adjudicar a definidas masas de aire fundamentales o puras. Entre alguno de estos sistemas tenemos:

- El sistema de Alissow (1950): el considera las siguientes masas de aire:

- A1) Aire ecuatorial (E).
- A2) Aire templado, oceánico y continental (oP,cP).
- A3) Aire tropical, oceánico y continental (oT,cT).
- A4) Aire artico (A).

- c) Sistemas Genéticos: se representan mediante los diferentes tipos de la Circulación General, o sea se determinan las características del clima según las causas dinámicas. Entre algunos de estos sistemas tenemos:

- El sistema de Brounow (1925): El ha sido el primero que se interesó por los factores determinantes del clima, y opina que el reparto de la presión atmosférica es función de la insolación, la cual es diferente en distintas zonas, resultando los diferentes climas. Brounow distingue las siguientes zonas:

- a) zona templada.

- b) zona tropical.
- c) zona ecuatorial.
- d) zona artica.
- El sistema de Hettner (1930): Hettner ha sido el crítico más fuerte de Köppen, decidiéndose elaborar su propio sistema a base de los factores siguientes:
 - 1) El carácter de la circulación, 2) la latitud geográfica, 3) la situación de una región respecto al mar, 4) la orografía, 5) la nubosidad y las precipitaciones y 6) la luz y el calor como consecuencia de los factores 1 a 5.

El contempla la siguiente clasificación:

- a) fresco-templado
- b) fresco
- c) árido en el verano
- d) árido en el verano y frío en el invierno
- e) frío-templado
- f) frío
- El sistema de Miller (1931): El razona sobre la formación del clima, encontrando que son la circulación general y las masas de aire, las que determinan el clima. Su clasificación es la siguiente:
 - a) climas cálidos.
 - b) climas templados-cálidos y climas subtropicales sin estación fría.
 - c) climas templados-fríos con estación fría.
 - d) climas fríos con larga estación fría.
 - e) climas polares sin estación cálida.
 - f) climas de desiertos.
 - g) climas de montañas.
- El sistema de Flohn (1950): El se basó en los nuevos conceptos de la circulación general, introduciendo la siguiente clasificación:
 - a) zona intertropical.
 - b) zona tropical-marginal.
 - c) zona sub-tropical seca.

- d) zona subtropical, húmeda en el invierno.
- e) zona templada-húmeda.
- f) zona boreal.
- g) zona subpolar.
- h) zona altopolar.

- El sistema de Kupper (1954): Kupper no presenta un propio sistema, sino aplica el sistema de Flohn para elaborar un mapa mundial.
- El sistema de Hendl (1963): este sistema se basa en forma muy pura en la circulación general. Fácilmente pueden ser comparados los diferentes tipos de circulación con los tipos de masa de aire y frentes. El sistema de Hendl explica satisfactoriamente la relación entre circulación y la formación de los tipos de clima. El realizó la siguiente clasificación:

- a) climas tropicales: causados por la circulación tropical.
- b) climas causados por la circulación tropical y por la actividad ciclónica.
- c) climas causados por la actividad ciclónica.
- d) climas para autóctonos de planicies.

En resumen se puede decir que se enumero la clasificación de los climas según el Dr. Grosske, por ser considerada las más completa en comparación con otros autores.

4. ¿Cuáles son los principales climas del mundo?

R Los principales climas del mundo, se pueden enumerar de la siguiente manera:

- a) Climas Ecuatoriales.
- b) Climas tropicales.
- c) Climas tropicales monzónicos.
- d) Climas templados cálidos de las costas occidentales.
- e) Climas templados cálidos de las costas orientales.
- f) Climas templados fríos.
- g) Climas Fríos.
- h) Climas polares.
- i) Climas desérticos.
- j) Climas de montaña.

A continuación se darán algunas características relevantes de los tipos de clima nombrados anteriormente.

- a) **Clima Ecuatorial:** en toda la zona de este clima las temperaturas son uniformemente altas y muy constantes; no se observan las excesivas temperaturas estivales que se presentan en los trópicos y el termómetro se mantiene durante todo el año en torno de los 27°C. La máxima temperatura no corresponde necesariamente a la máxima insolación, ya que la nubosidad y la lluvia moderan mucho el calor, además, la variación de la insolación no es muy grande en esta zona y los efectos de aquéllas son particularmente perceptibles.

La lluvia y la humedad están uniformemente distribuidas durante el año y no afectan a la temperatura, que sigue estrechamente al Sol.

La zona ecuatorial es esencialmente una región de calma o de vientos muy ligeros; la mala reputación que goza respecto a la salubridad e incomodidad se debe al aire húmedo, cálido e inmóvil.

De la misma manera que las variaciones de la temperatura en el curso del año originan una oscilación estacional de la faja o zona de los vientos, también los cambios diarios ocasionan un cambio diario de sentido en la dirección de las brisas, ocasionando las brisas de tierra y de mar. Pero el mecanismo no es el mismo en ambos casos, ya que los vientos estacionales dependen de las variaciones de la insolación con las estaciones, mientras que las brisas dependen de las distintas propiedades físicas del agua y de la tierra. A falta de marcadas diferencias de temperatura, la lluvia es la que determina la estación. Las principales lluvias son de carácter convectivo y alcanzan su máximo poco después del paso del Sol por el zenit. En el Ecuador los máximos corresponden hacia abril y noviembre.

La influencia más destacada que ejerce la altitud es la de disminuir la temperatura; el constante calor y la humedad de los climas ecuatoriales dan lugar a una vegetación típica, la de los bosques ecuatoriales o selvas con su exuberante profusión de plantas y la abundancia de follaje. La monotonía climática se traduce en la ausencia de variedad estacional en las plantas, presentándose las distintas etapas del desarrollo vegetal en cualquier época del año y viéndose al mismo tiempo la floración en unas plantas, la fructificación en otras, la dehiscencia en unas terceras, etc. No existe período de reposo, no hay cesación de la actividad vegetal.

En la agricultura se observa también un ritmo disminuido, para los períodos de mínima precipitación se utilizan para la recolección de muchas plantas. En las grandes alturas la vegetación experimenta un cambio profundo, pero es difícil generalizar sobre este tema porque depende mucho del Sol, de los vientos, de la naturaleza del suelo y de otras variables.

- b) **Climas Tropicales:** más allá de los límites a que llega en sus oscilaciones la zona ecuatorial de lluvias, en las latitudes en que los vientos alisios soplan durante todo el año, se encuentran los mayores desiertos del mundo. Entre éstos y los climas ecuatoriales se encuentra una faja que durante unos meses se halla bajo la influencia de los alisios, pero que en el resto del año se ve invadida por la faja de vientos convectivos; en esta zona es donde se hallan los climas tropicales, que alternan la acción de los alisios con la del doldrum. De manera que existen dos tipos fundamentales de climas tropicales, "El Continental y el Marítimo", el primero con una marcada estación seca y el otro sin ella. El marítimo se restringe a una estrecha faja litoral en las costas orientales, pero en cambio se extienden hasta más allá de la zona sobre la que oscilan las lluvias ecuatoriales, a toda el área que abarcan los alisios.

La fuerte y regular distribución de lluvia y las constantes altas temperaturas producen en la variedad marítima una selva tropical igual en la práctica a la ecuatorial, pero a medida que nos internamos en la tierra o avanzamos hacia los polos, ya no es posible la selva por aumentar la sequedad y pasamos a otros tipos de bosques con menos árboles y con arbustos en un terreno en el que dominan las hierbas

altas. En contraposición a la uniformidad del régimen ecuatorial, el carácter distinto del clima tropical continental es el marcado ritmo estacional. Otro contraste entre ambos tipos de vegetación lo constituye la perenne actividad de la selva comparada con la gran rapidez del crecimiento vegetal durante la estación húmeda y la casi cesación de toda actividad de las plantas en la estación seca propias de sabanas.

Estos climas, debido a las fuertes estaciones, son mucho más estimulantes que la pesada monotonía de los ecuatoriales, y las tribus de la sabana son superiores, física y mentalmente, a los habitantes de las selvas ecuatoriales.

- c) **Climas Tropicales Monzónicos:** la peculiaridad geográfica de la región del monzón es la separación que presentan los grandes continentes opuestos a ambos lados del ecuador, cuyas bajas presiones naturales se ven acentuadas por las presiones todavía más bajas que se forman sobre tierra en verano. El aire circula desde una alta presión en un hemisferio a una baja presión en el otro, alternando con las estaciones del año.

Por lo general, las lluvias máximas se presentan durante el verano; en invierno hay una sequía más o menos completa. Los climas monzónicos se semejan a los climas tropicales corrientes, pero difieren de ellos en los totales de precipitación y en la incidencia de las lluvias dentro de la estación lluviosa. También se caracterizan porque generalmente las mayores lluvias se presentan en las costas occidentales y más si son montañosas.

La duración de la estación seca, pues, varía según factores locales, especialmente con la dirección del relieve local en relación al viento; estas variaciones se reflejan en los tipos de vegetación que van del desierto a la selva. En los climas monzónicos lluviosos las selvas rivalizan con las del ecuador en densidad y en exuberancia del follaje y producen muchos árboles de valor comercial.

La prosperidad de la agricultura depende de que las lluvias acarreadas por el monzón sean suficientes y estén adecuadamente distribuidas. A este respecto conviene destacar que muchas de las lluvias monzónicas son tan intensas que gran parte del agua se pierde por los torrentes y es poca proporcionalmente la que aprovecha a la agricultura.

- d) **Climas Templados Cálidos de las Costas Occidentales:** los climas templados cálidos, situados en la latitud del frente oscilante de divergencia que separa la esfera de influencia de los alisios y la de los vientos del oeste, estos climas son esencialmente de transición, gozando durante parte del año de un tiempo típicamente "tropical" por su constancia y durante el resto de un tiempo mudable muy afín al de la zona templada fría. En términos esquemáticos los climas templados cálidos reciben la influencia del este durante el verano y la del oeste durante invierno. El verano es por consiguiente continental en las costas occidentales y marítimo en las orientales mientras que el invierno es marítimo en las costas occidentales y continental en las orientales.

La amplia extensión de este tipo de clima alrededor del mar Mediterráneo y el hecho de haber sido la primera región en donde se estudio, hacen que se le califique con el nombre de mediterráneo. Entre algunas de las características más relevantes, en cuanto a la situación de este clima en el mediterráneo tenemos:

1. lluvia en invierno y sequedad más o menos completa en verano.
2. veranos cálidos e invierno suave.
3. una fuerte insolación, especialmente en verano.

La temperatura media del mes más frío está habitualmente entre 6° y 10° la del mes más caliente entre 21° y 27°, de manera que la oscilación anual es de unos 16°, considerablemente mayor que la de los climas tropicales, pero algo más baja que la de los climas templados fríos.

Las lluvias en los climas mediterráneos se ofrecen muchas veces cuando pasa una tempestad ciclónica y su frecuencia máxima corresponde a la emigración hacia el ecuador de la zona de los vientos del oeste durante el invierno. Donde las montañas interceptan los vientos portadores de lluvia ocurren con frecuencia lluvias o nevadas.

La característica dominante de los climas mediterráneos es el marcado ritmo de los períodos de lluvia y de la sequía que encuentran su consecuencia en el correspondiente ritmo de crecimiento de las plantas. Pero el contraste entre actividad y reposo vegetal no es tan marcado como el del otro tipo esencialmente periódico, la sabana, porque en este último coinciden calor y humedad, mientras que en el mediterráneo la estación lluviosa es la más fría. Pero las temperaturas de invierno no son lo suficientemente bajas para impedir todo crecimiento aunque no permitan que sea fuerte. La sequedad del verano, por otra parte, no es siempre completa y en muchos casos está remediada por aporte de agua natural o artificial. Las estaciones de mayor crecimiento vegetal son la primavera y el otoño, por ser entonces moderada la temperatura y suficiente la lluvia. De todos modos, aunque con diversa intensidad, el crecimiento es continuo durante el otoño, el invierno y la primavera; pero en verano, excepto bajo circunstancias locales favorables, la actividad vegetal queda detenida por la excesiva sequedad.

Donde las condiciones son más favorables, la precipitación mayor y los obstáculos a la vida de las plantas menores, la vegetación consiste en bosques de hojas perennes, con pinos, cedros y encinas; más raramente, se observan en algunos puntos poco secos encinas de hojas caducas.

El aumento de lluvia con la altitud motiva la existencia de una zona forestal en las montañas con árboles de hojas grandes y caducas; hayas y castaños; las lluvias orográficas no quedan limitadas al invierno y esta estación es más fría; más arriba del bosque hay una zona de pastos alpinos, utilizable solamente en verano y necesitando, por lo tanto, completarse con los pastos de los llanos en invierno, estableciéndose así una trashumancia a través de las vertientes cultivadas.

La sucesión estacional no impone su ritmo a la agricultura, porque la fruta, sea la que por su naturaleza es resistente a la sequedad, sea la cultivada en regadío, da ocupación durante el verano, mientras que los cereales y legumbres exigen el trabajo del campesino en la estación lluviosa.

- e) **Climas Templados Cálidos de las Costas Orientales:** la zona de transición entre los vientos alisios y los vientos del oeste está representada en las costas orientales de los continentes por un tipo de clima que, a pesar de tener, como los climas mediterráneos, veranos calientes e inviernos templados, difiere fundamentalmente de ellos en la cantidad total de lluvia y su distribución.

Los inviernos son suaves, con medias superiores a 10° C, pero con grandes oscilaciones; las heladas aunque raras, ocurren algunas veces, especialmente en el interior. Al ascender el Sol, el calor aumenta marcadamente y las temperaturas en primavera son parecidas a las del verano en Londres. El calor en verano es opresivo por la mucha humedad y porque hay poco viento para dar alivio.

La lluvia es suficiente, pero no excesiva y está bien distribuída entre las diversas estaciones del año. Pero aunque es corriente en estos climas que las precipitaciones mensuales sean casi iguales, la naturaleza de la lluvia y su eficacia varían considerablemente en las distintas épocas. La lluvia de invierno es principalmente de tipo ciclónico y se presenta en forma de chubascos ligeros o de prolongadas lloviznas; la lluvia de verano, en cambio, es orográfica o bien de inestabilidad, en forma de fuertes aguaceros que pueden producir en una hora tanta precipitación como una semana de lluvias invernales.

Al igual que en los climas mediterráneos, la temperatura, aún en el mes más frío, nunca es tan baja que impida el crecimiento vegetal y es posible una actividad continua. Debido a la semejanza de las condiciones de temperatura, muchas especies de coníferas, arbustos como el laurel y otras especies de hojas perennes son comunes a ambos climas, pero la ausencia de una estación seca hace a estas regiones aptas para muchas útiles e importantes especies, tales como helechos, bambúes, bejucos, magnolias y otras, que no pueden vivir en las costas occidentales debido a la sequedad del verano.

Las tierras pertenecientes a estos climas son de economía característicamente agrícola y hortícola, dando buenas cosechas de tabaco, algodón, maíz, té, azúcar de caña, naranjas, etc. Su gran ventaja radica en la larga duración del verano junto con la constante humedad.

La gran capacidad productora de las tierras de estos climas las hace capaces de mantener una población de considerable densidad, pero, a excepción de las correspondientes a la variedad monzónica, no están por ahora plenamente explotadas.

- f) **Climas Templados Fríos:** El carácter que distingue estos climas de los templados, cálidos o subtropicales es la existencia de una verdadera estación fría que inhibe o retrasa el crecimiento vegetal e impone un paro a la actividad agrícola. Los ciclones, que tan importante papel hemos visto que desempeña en los inviernos de los climas cálidos, ejercen en los fríos una gran influencia durante todo el año, aunque mayor en invierno que en verano.

El viento predominante, que es el del oeste, aunque casi constante en las capas de aire superiores, se encuentra alterado cerca de tierra por el frecuente paso de ciclones y anticiclones y por los cambios anuales del sistema continental de presiones.

El calificativo de "templadas", aplicado a estas zonas, es verdaderamente muy poco afortunado, porque dentro de sus límites se encuentran algunas de las temperaturas más extremas del mundo, superadas solamente en los climas fríos situados más hacia los polos.

Viniendo los vientos del oeste, es natural que las lluvias sean más abundantes en las costas occidentales y vayan decreciendo hacia el este. Donde la altura del relieve presenta una barrera a los vientos del oeste pueden producirse precipitaciones de 200 a 250 cm. De manera que la lluvia decrece en el interior, de un modo rápido o gradual según el relieve. Al acercarse a la costa oriental vuelve a aumentar por la humedad proporcionada por los vientos del este que se encuentran por lo general al frente de los centros ciclónicos.

Otro origen de lluvia en las márgenes orientales es el monzón en las regiones en que está bien desarrollado, el régimen resultante es, por consiguiente, el de lluvias en verano solamente, lo que acarrea importantes consecuencias.

Casi cada año neva, aun en los puntos más meridionales y occidentales, pero la nieve sólo permanece de un modo contínuo en la variedad continental. Estas son zonas de gran nubosidad debida a la frecuencia de las depresiones. La niebla es frecuente en las costas, porque el aire siempre está húmedo y las bajas de temperatura se traducen en condensaciones.

La temperatura es, evidentemente, el elemento decisivo en la determinación de la estación, siendo la lluvia mucho menos importante a este respecto.

En los favorecidos climas de la Europa Occidental, con sus suaves inviernos, prosperan árboles de hojas perennes de aspecto subtropical. Pero el resto de la zona el prolongado invierno, con uno a seis meses de temperaturas por bajo del mínimo necesario para el crecimiento vegetal, exige por lo general árboles de hojas caducas.

- g) **Climas Fríos:** Situados en la esfera de influencia de los vientos del oeste, los climas fríos están sujetos a determinantes parecidos a los que regulan los climas templados fríos, por lo que la mayor parte de lo que se ha dicho respecto a estos últimos es aplicable a los primeros.

Los factores que determinan los vientos predominantes son, como en el tipo anterior, las áreas de baja presión islándica y aleutiana y las áreas continentales, pero, al igual que en los climas templados, se ven suplantadas temporalmente por el paso de ciclones y anticiclones.

Los tipos de vegetación características de los climas fríos son dos; en las regiones en que la lluvia es suficiente, las coníferas dominan el paisaje; si la lluvia es escasa, sólo crecen hierbas. Los límites entre las estepas y los desiertos son difíciles de precisar, tanto en la zona templada como en la subártica. En una región en que los determinantes del clima son marcadamente de transición las condiciones locales son las que imponen la clase de vegetación.

Los vientos fuertes, especialmente si van cargados de sal, impiden la existencia de bosques, por cuya causa en los puntos más cercanos al mar de la costa occidental hay pocos árboles (sólo en sitios protegidos del viento marino), existiendo en el resto una vegetación de matorrales.

- h) **Climas Polares:** los climas pertenecientes a esta zona pueden dividirse en dos tipos por la isoterma de 0° para el mes menos frío:

1. climas de tundra.
2. climas de heladas perpetuas.

Los climas del primer grupo son habitables, y aunque escasamente poblados, suministran interesantes ejemplos del dominio climático sobre el poblamiento y el género de vida. Los del segundo grupo no pueden ser habitados y tienen poco interés geográfico, si bien presenta importantes problemas meteorológicos, y como es natural tienen gran importancia para las exploraciones polares.

El decrecimiento de presión que observamos en la región de los vientos del oeste en dirección al polo, no es continuo hasta los polos, sino que parece alcanzar un mínimo hacia los 60° de latitud en el océano meridional y en una irregular y sinuosa línea en las regiones boreales.

La desigualdad entre la duración del día y la de la noche alcanza su máximo en los polos, donde hay un día de seis meses y una noche de otros seis. Este factor introduce una nueva concepción en los climas, por la desaparición de la oscilación diaria de la temperatura, puesto que falta la insolación en pleno invierno y es, en cambio, continua a medio verano, aunque con el Sol muy bajo. También está muy alterado el curso anual de la temperatura, ya que ésta representa el balance entre el calor recibido y el perdido por radiación.

- i) **Climas Desérticos:** el único criterio para definir a estos climas es el de la sequedad, pero junto con ésta aparecen otras características secundarias, tales como insolación, temperatura, oscilación de ésta y hasta relieve y naturaleza del suelo que contribuyen a dar a este tipo de climas una cierta unidad.

Sin el auxilio de la irrigación sólo las plantas más xerófilas pueden vivir en el desierto; para poder subsistir usan diversos medios tendientes a reducir la transpiración a un mínimo y extienden su sistema de raíces. Otras plantas, menos xerófilas, permanecen durante varios meses en estado de vida latente esperando la lluvia que ha de volverlas a la vida activa. Las lluvias son completamente irregulares en el desierto y la vegetación no puede seguir un ritmo estacional. En los puntos en que las lluvias son algo más regulares, especialmente en los bordes del desierto, aparecen pastos en ciertas épocas del año atrayendo a pastores nómadas; en ciertos lugares llegan a obtenerse cosechas. Las lluvias irregulares y generalmente torrenciales del desierto son más perjudiciales que beneficiosas no se obtiene provecho de ellas, debido a su irregularidad, y en cambio, son peligrosas y pueden causar bastantes daños.

La poca cantidad de agua que necesitan algunas plantas para desarrollarse es sorprendente, pero en términos generales los cultivos sólo se sostienen mediante irrigación, practicada a base de ríos o de agua subterránea. Los ríos que se pierden en el desierto dan origen a oasis marginales o terminales, pero después que el agua ha desaparecido en el suelo no puede considerarse perdida.

- j) **Climas de Montaña:** la altitud ocasiona en los elementos climáticos una serie de cambios bien definidos, los cuales se describieron con anterioridad. La disminución de la presión atmosférica no es de por sí muy importante. El aire de montaña es seco, y la baja presión aumenta sus efectos fisiológicos permitiendo una rápida evaporación. El sudor desaparece, la piel se seca, pueden agrietarse los labios, la cara y las manos aumentando la sed. Las montañas, forzando a subir el aire que llega a ellas, ocasionan un aumento de la precipitación hasta un nivel variable en el que se presenta un máximo, más arriba del cual el aire es cada vez más seco y la precipitación disminuye. Esta mayor lluviosidad en puntos elevados es de la mayor importancia en las tierras áridas, porque solamente allí puede encontrarse el agua.

Las variaciones de temperatura y de precipitación ocasionadas por las montañas son bruscas y considerables, de modo que en una distancia muy reducida pasamos de un tipo climático de vegetación a otro. En un área bastante pequeña encontramos una gran variedad de plantas con la consiguiente variedad de cultivos y trabajos agrícolas. Sea la que fuere la vegetación propia del clima en que se encuentra la montaña, en la zona de máxima precipitación hay casi siempre bosque, que más abajo es de hojas caducas y más arriba de coníferas. La disminución de la temperatura en las grandes altitudes tiene como consecuencia un retraso en la actividad vegetal. El fenómeno de la inversión de temperatura entre el fondo de los valles y las laderas tiene importantes efectos en la vegetación y el poblamiento de los valles.

Los habitantes de las regiones montañosas tienden al aislamiento como consecuencia de las dificultades de comunicación y transporte, el habitante de la montaña es al mismo tiempo labrador, pastor, leñador y trabajador en industrias domésticas.