

TEMA 1

LA TIERRA



INTRODUCCIÓN

El planeta en el que vivimos tiene unas condiciones únicas que han permitido el desarrollo de la vida. Una de esas especiales condiciones, amén de la existencia de agua y oxígeno en la atmósfera, es la distancia que nos separa del Sol. Ni muy lejos ni muy cerca, una distancia justa que asegura el necesario aporte de energía. Además, la Tierra posee unos movimientos que aseguran la redistribución energética, tanto a escala diaria como anual, e incluso, a escala milenaria.

Algunos interrogantes serán respondidos en las próximas líneas ¿por qué la diferencia de la duración de los días y las noches?, ¿por qué las trayectorias de los fluidos son diferentes en cada hemisferio?

Éstos y alguno más serán los puntos a tratar en este tema en el que se estudia la presentación de la Tierra.

OBJETIVOS

- Conocer los movimientos de la Tierra y sus repercusiones geográficas.
- Aprender las coordenadas de localización en la Tierra.

1. La estructura y forma de la Tierra

1.1. La forma y dimensiones de la Tierra

1.1.1. La forma y dimensiones

a) Pruebas de la esfericidad de la Tierra

1.1.2. La orientación y la localización en la superficie terrestre

a) Meridianos y paralelos. Longitud y latitud

2. Los movimientos de la Tierra y sus repercusiones geográficas

2.1. El movimiento de rotación

2.1.1. Consecuencias y efectos de la rotación terrestre

a) Sucesión de días y noches: la medida del tiempo

b) La desviación de los fluidos: el efecto Coriolis

c) Ritmo diario de las mareas

2.2. El movimiento de traslación

2.2.1. Un veloz viaje alrededor del Sol

2.2.2. La inclinación de los rayos solares

2.3. Las consecuencias geográficas de la traslación e inclinación del eje de la Tierra

2.3.1. La estacionalidad

2.3.2. La desigual duración de los días y las noches

2.3.3. La zonalidad

2.4. Otros movimientos de la Tierra

1. LA ESTRUCTURA Y FORMA DE LA TIERRA

Actualmente nadie pone en duda la forma de la Tierra y la posición que ocupa en el espacio, sin embargo, en el pasado se creía que la Tierra era plana y se situaba en el centro del Universo; los científicos que fueron contra estos modelos establecidos pagaron con su vida la osadía de atentar contra el conocimiento oficial.

Las medidas de la Tierra ya fueron establecidas por matemáticos griegos, algunos de aquellos cálculos fueron sorprendentemente precisos.

1.1. La forma y dimensiones de la Tierra

1.1.1. La forma y dimensiones

La Tierra no es una esfera perfecta, si fuese así, todos sus radios medirían exactamente lo mismo y, sin embargo, la realidad nos muestra que el **radio ecuatorial** mide 6378,5 km mientras que el **radio polar** es ligeramente más corto y mide 6357 km. (*figura 1*).

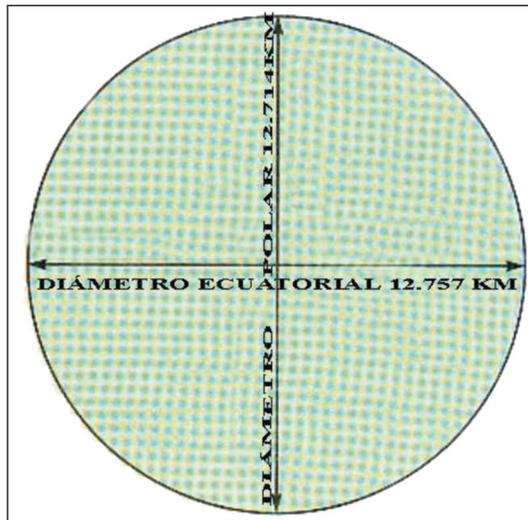


FIGURA 1. Las dimensiones de la Tierra.

La forma de la Tierra se corresponde con la de un elipsoide achatado por los polos. Este achatamiento es producto del propio movimiento de rotación de la Tierra. Esta, al girar sobre su propio eje, origina fuerzas centrífugas en el Ecuador lo que produce su ensanchamiento y una mayor medida del radio ecuatorial.

Este achatamiento no es muy importante, el eje polar es 1/300 veces más corto que el ecuatorial, sin embargo, esta pequeña diferencia tiene consecuencias importantes y muy evidentes.

EL PESO DEPENDE DE DONDE ESTEMOS

En el ecuador, debido a la desigual medida de los diámetros, la fuerza de la gravedad es menor que en los polos o en latitudes medias. (la fuerza de la gravedad varía inversamente al cuadrado de la distancia que separa los centros de gravedad de dos cuerpos). Si el radio ecuatorial es mayor, mayor es la distancia que nos separa del centro de la Tierra. ¿Qué consecuencias tiene este hecho?. Entre otras, un cuerpo, teóricamente, no pesa lo mismo en el ecuador que en el Polo Sur. *Recuerde que el peso es el resultado de aplicar a una masa la fuerza de la gravedad.*

Los cohetes espaciales siempre son lanzados desde latitudes próximas al ecuador (Cabo Cañaveral –Florida–, Guayana...). ¿Por qué?

En 1671 el astrónomo francés Jean Richer realizó un experimento en la Guayana francesa. Su reloj de péndulo se retrasaba 150 segundos diarios respecto a París. Hubo que esperar a 1687 que Newton publicara sus leyes sobre la gravitación universal, para entender que ese retraso era producto de **¡la diferencia de la fuerza de la gravedad en la Guayana respecto a París!**

Otra medida importante es la de la circunferencia terrestre, dos siglos antes de Cristo el griego Eratóstenes ya había calculado el perímetro terrestre, y sus cálculos no anduvieron alejados de la medida real, que es de 40 075 km.

Por último, la ciencia que estudia las medidas y dimensiones de la Tierra se denomina **geodesia** (etimológicamente significa dividir la Tierra), y aunque esta ciencia nos muestre que no es una esfera perfecta, para los estudios geográficos y el entendimiento de los procesos naturales, podemos considerar la Tierra como una esfera. Sin embargo, en la Antigüedad y en la Edad Media se pensaba que la Tierra era plana, aunque Pitágoras y Aristóteles presumían la esfericidad de nuestro planeta. En la actualidad nos parece imposible que se hubiese pensado en formas diferentes a la esférica, pero la realidad histórica nos muestra que fueron muchos los condenados a muerte por la Iglesia por sostener la verdad (Galileo, Bruno...). Son muchas las pruebas de la esfericidad de la Tierra, en el siguiente apartado se exponen algunas de ellas.

a) *Pruebas de la esfericidad de la Tierra*

La prueba más antigua y evidente y que hizo pensar a Pitágoras en la esfericidad de la Tierra, fue la observación de que esta proyecta formas curvas en los eclipses de luna.

Igualmente, la observación de otros planetas y estrellas, así como la luna, muestran formas esféricas, por lo tanto, se puede deducir que la Tierra ha de presentar la misma geometría. Este hecho no fue asumido por las cerradas mentes del medioevo y esta demostración no se consideró suficiente para asimilar la Tierra a una esfera.

Una tercera prueba se relaciona con la observación de un barco cuando zarpa de un puerto. El buque «desaparece» en el horizonte: primero se ve el barco entero, más tarde su casco y por último el penacho de humo que sale de sus chimeneas, o el velamen, según sea el caso. La razón de este «hundimiento» en el horizonte se debe a la esfericidad de la Tierra (*figura 2*).

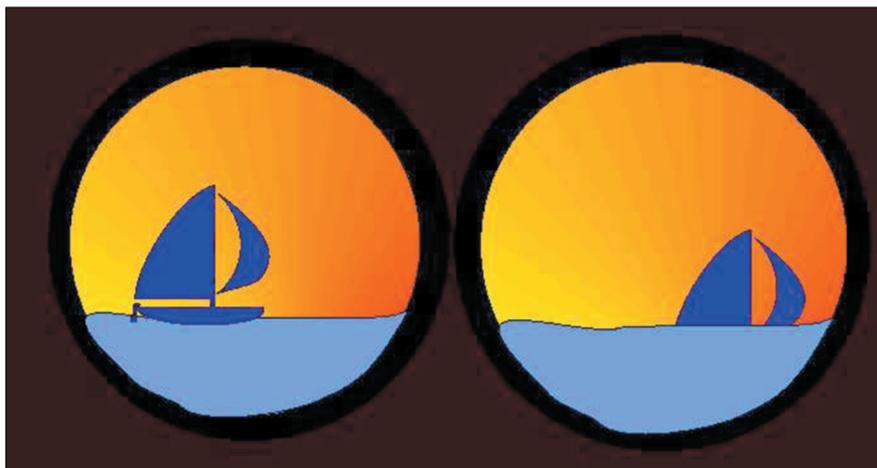


FIGURA 2. El barco a medida que se aleja de la costa se «hunde» en el horizonte.

La línea del horizonte varía con la altura del espectador: a 1,8 m de altura el horizonte visible es de 5,2 km, pero desde una elevación de 9,1 m, la perspectiva es de 11,6 km. Estos simples datos muestran el porqué siempre se ha necesitado de atalayas para «ver» más, sencillamente, a más altura se ve más horizonte.

Una última prueba de la esfericidad se relaciona con la Estrella Polar, esta se sitúa en la prolongación del eje de la Tierra, sobre el Polo Norte.

Si se observa la estrella en el punto polar, esta se sitúa encima de nuestras cabezas, esto es, estaría en el *cenit*, sin embargo, si la observamos en el Ecuador, la Estrella Polar aparece en el horizonte (*figura 3*).

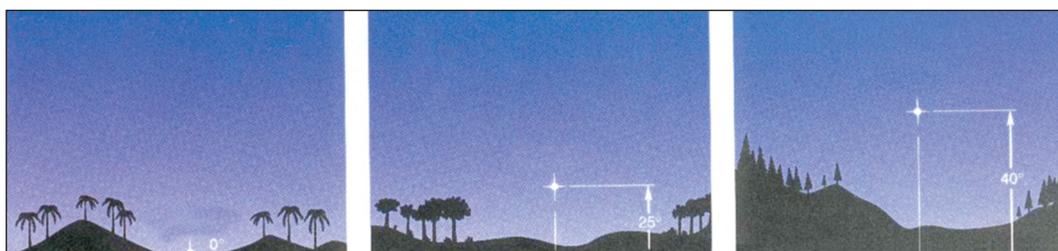


FIGURA 3. Posición de la estrella polar en el horizonte, en función de la latitud (adaptado de Wallen, 1992).

Entre ambos extremos, la Estrella Polar se emplaza en diferentes alturas (respecto al horizonte) medidas en grados, esta altura se corresponde con la latitud del punto de observación, lo cual, solo es posible si la Tierra es una esfera.

La observación de la Estrella Polar permitió la orientación de los barcos desde que los árabes difundieron el uso del astrolabio, aparato con el que medían la altura de la Estrella Polar sobre el horizonte.

1.1.2. La orientación y la localización en la superficie terrestre

Los conceptos de orientación, localización y situación son básicos en Geografía, puesto que se trata de una ciencia eminentemente espacial, entre cuyos objetivos se encuentra la localización y situación de los procesos naturales o humanos que estudia. En Geografía, todo ha de quedar georreferenciado, es decir, situado en unas coordenadas espaciales. Por ello, los conceptos que ahora se expondrán, adquieren una importante relevancia.

La forma de la Tierra y su movimiento de rotación ha permitido, desde los tiempos clásicos, la orientación a partir de los cuatro puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste).

Efectivamente, en ambos extremos del eje de rotación se sitúan los dos polos: norte y sur. El movimiento de rotación se realiza en sentido contrario a las agujas del reloj, esta es la razón que determina que aparentemente el Sol salga por el Este y se ponga por el Oeste. Estos cuatro puntos cardinales permiten la orientación; su subdivisión constituye la rosa de los vientos que refleja 16 puntos de orientación (*figura 4*). Internacionalmente se ha adoptado la W, como abreviatura de Oeste (*del inglés west*).

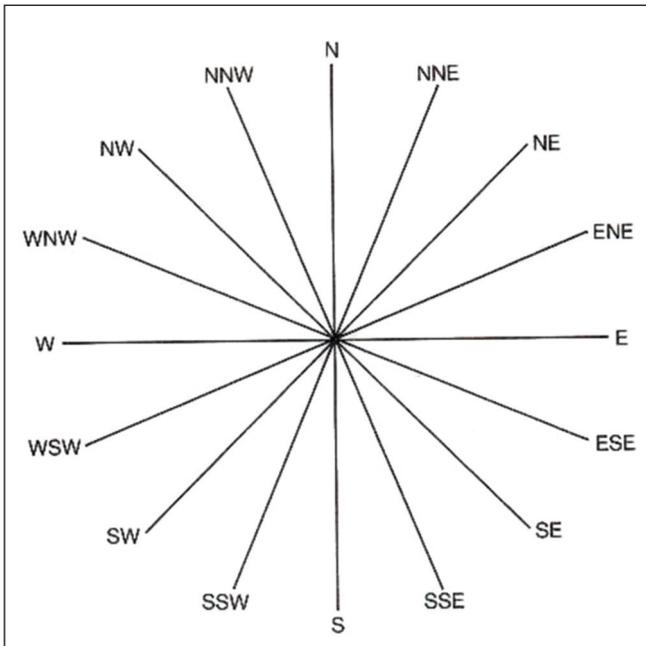


FIGURA 4. La rosa de los vientos.

a) Meridianos y paralelos. Longitud y latitud

La red geográfica de coordenadas está constituida por **meridianos** y **paralelos** de los que se deduce la **longitud** y la **latitud**.

Un meridiano es el semicírculo máximo que une los polos. Es decir, dos meridianos constituyen el **círculo máximo** (dividiendo en dos la esfera terrestre). De

lo anterior se deduce que un meridiano tiene 180° (recordemos que es el semi-círculo máximo) luego, la distancia entre ambos polos, a través de un meridiano es de 180° . Cada meridiano tiene su prolongación en otro meridiano opuesto que también mide 180° , la suma de ambos completa los 360° de la circunferencia.

Entre las características de los meridianos se pueden resaltar las siguientes:

- Todos los meridianos siguen la dirección norte-sur (recuerde que uno los polos donde convergen, por lo tanto alcanzan su máxima separación en el Ecuador) (figura 5).
- Teóricamente se podrían trazar un número infinito de meridianos, sin embargo, en los mapas sólo se representan meridianos equidistantes. Por ejemplo, en un globo terráqueo en el que apareciese un meridiano por cada grado, tendría 360 líneas que uniesen los polos, lo que supondría una fuerte densidad de líneas que dificultarían la lectura del globo terráqueo. Por ello, generalmente, se representan meridianos cada 10 o 15 grados, (es decir globos con 36 o 24 líneas que unen los respectivos polos).

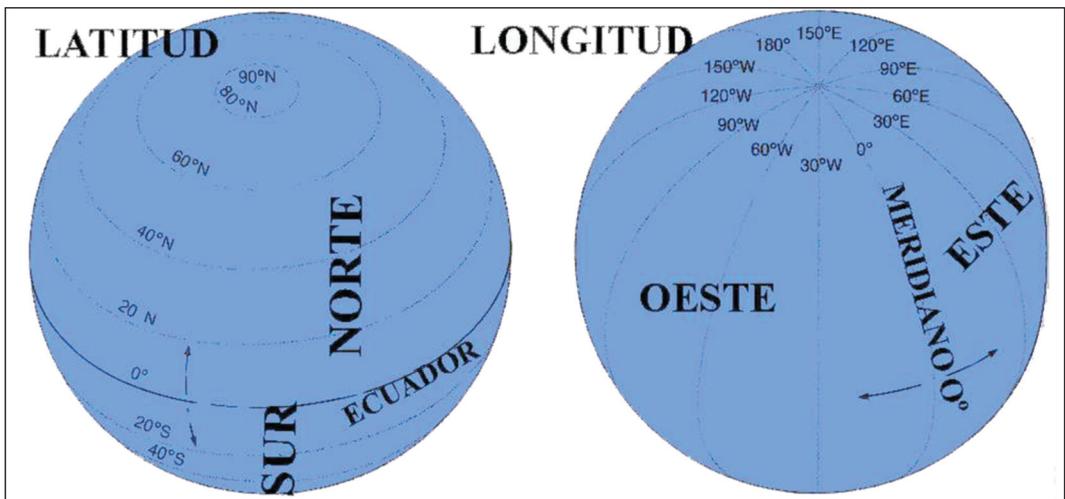


FIGURA 5. Meridianos y paralelos.

Los paralelos son los círculos menores obtenidos de la intersección de planos perpendiculares al eje de rotación y paralelos al círculo máximo (ecuador). Al igual que en los meridianos podemos extraer algunas características de los paralelos.

- Todos los paralelos tienen una dirección este-oeste.
- El único paralelo que coincide con el círculo máximo es el ecuador, todos los demás son círculos menores, es decir, tienen una menor circunferencia. Al respecto, piense que si quiere dar una vuelta a la Tierra siguiendo el Ecuador, ha de recorrer 40 075 km, pero si lo hace a través del paralelo 40° (paralelo de Madrid) el recorrido es de sólo 30 740 km.

- De lo anterior se deduce que recorrer un grado de paralelo varía según la latitud. En el ecuador $1^\circ = 111,32 \text{ km}$; en latitud 40° $1^\circ = 85,39 \text{ km}$; y a 80° de latitud, para recorrer 1° de paralelo sólo hay que andar $19,39 \text{ km}$. Sin embargo, la diferencia de grados/kilómetros en los meridianos, en distintas latitudes, es prácticamente inexistente.
- Cualquier punto terrestre, exceptuando ambos polos, se encuentra sobre un paralelo.
- Al igual que en los meridianos se pueden representar infinitos paralelos, sin embargo y por las mismas razones, se representan paralelos equidistantes.

Cualquier punto terrestre se sitúa en la intersección de un meridiano y un paralelo lo que significa que tiene una determinada longitud y latitud.

La longitud y la latitud se determinan a partir de los meridianos y paralelos.

Longitud es la distancia medida en grados que separa un punto del meridiano principal o de referencia, dicha medida se hace a través de un arco (segmento) del paralelo sobre el que se sitúa dicho punto (figura 6).

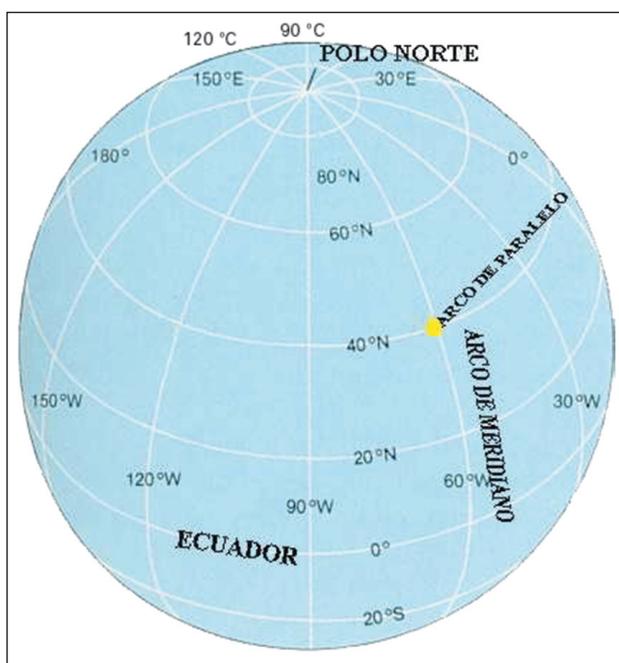


FIGURA 6. Latitud y longitud medidas a través de los meridianos y paralelos.

Esta definición introduce un nuevo concepto, **meridiano principal o de referencia**. Este meridiano se corresponde con el que pasa por el observatorio de Greenwich (Londres) y a partir de él se divide la longitud en este y oeste, es decir, la Tierra queda dividida en dos hemisferios: el occidental y el oriental. Por lo tanto, cualquier punto terrestre estará localizado a una distancia angular del meridiano 0, o de Greenwich, y su posición podrá estar comprendida entre los $0-180^\circ$ longitud este; o $0-180^\circ$ longitud oeste.

A este respecto, recuerde que un grado está constituido por 60 minutos y un minuto por 60 segundos, por ello, la longitud suele expresarse en grados, minutos y segundos, por ejemplo, 3°23'12" LW (longitud oeste).

LA RELATIVIDAD DE LA LONGITUD

La conferencia internacional en la que se decidió que el meridiano 0 fuese el de Greenwich, se celebró en Washington en 1884. Hasta entonces cada país tenía su propio meridiano de referencia y ello ocasionaba la imposibilidad de un sistema internacional de localización. Desde entonces, los distintos países han ido adoptando el meridiano 0 como referencia de la longitud. Además, a partir de este meridiano se ordena el tiempo horario mundial. Aquella decisión convencional tomada en 1884 ha tenido grandes repercusiones en nuestras vidas. ¿Por qué Greenwich? La historia nos muestra que a finales del siglo XIX, el Reino Unido era la principal potencia mundial. Es fácil entender que el meridiano que iba a servir para el ordenamiento geográfico y temporal del mundo, pasase por la capital de la potencia económica y política del momento. La imaginación nos permite pensar si la decisión hubiese sido tomada en el siglo XVI, posiblemente hubiese sido el meridiano de Madrid. ¿Y en la primera mitad del siglo XXI?...

Latitud es la distancia medida en grados desde un punto al Ecuador, a través del arco (segmento) de su meridiano (*figura 6*). El Ecuador es el paralelo de referencia y tiene latitud 0, desde el Ecuador a los polos hay 90° por lo que la Tierra queda dividida en dos hemisferios: hemisferio norte, septentrional o boreal y hemisferio sur, meridional o austral. Luego cualquier punto terrestre estará encuadrado entre los 0 y 90° de latitud norte o latitud sur. Al igual que en la longitud, la latitud se expresa en grados, minutos y segundos.

De lo anterior se deduce que cualquier punto, hecho geográfico o móvil está localizado en unas coordenadas de latitud y longitud, en alguno de los cuatro cuadrantes: LN-LW (latitud norte-longitud oeste); LN-LE (latitud norte-longitud este); LS-LW (latitud sur-longitud oeste) ó LS-LE (latitud sur-longitud este).

2. LOS MOVIMIENTOS DE LA TIERRA Y SUS REPERCUSIONES GEOGRÁFICAS

La Tierra tiene una serie de movimientos con grandes repercusiones geográficas y humanas, alguno de ellos, incluso han determinado su propia forma. Los movimientos son: rotación, traslación, además de otros con ciclos temporales más largos.

2.1. El movimiento de rotación

El movimiento de rotación es el que efectúa la Tierra sobre su propio eje, denominado eje de rotación. La Tierra invierte 24 horas (la cifra no es exacta y en realidad tarda unos segundos menos de las 24 horas) en dar un giro sobre su eje. Este dato permite conocer la velocidad de rotación de la Tierra, que es diferente según la latitud (máxima en el Ecuador y nula en los polos).

Efectivamente, si el Ecuador mide 40 075 km y el movimiento de rotación invierte 24 horas, ello supone que la velocidad de rotación en el ecuador es de unos 1 670 km/h. Ahora bien, si el paralelo 40°, como ya se ha visto, mide 30 740 km, la velocidad de rotación es de 1 280 km/h. Estas cifras explican el achatamiento de los polos, en los que la velocidad de rotación es 0 y como la fuerza centrífuga es mayor en el ecuador (ensanchamiento).

Igualmente, en una hora si estamos en Madrid, habremos recorrido 1 280 km, pero en el Ecuador 1 670 km, esta diferencia de velocidad explica porqué la puesta de sol en las bajas latitudes es muy rápida, mientras que en las altas latitudes el ocaso es un espectáculo lento y sostenido.

El movimiento de rotación tiene numerosas consecuencias, entre otras, nos permite la medida del tiempo diario y la sucesión de días y noches, a este importante hecho, hay que añadir otras consecuencias geográficas de gran relevancia.

2.1.1. Consecuencias y efectos de la rotación terrestre

Las principales consecuencias del movimiento de rotación se resumen en los siguientes puntos, algunas de ellas tienen un especial interés geográfico, otras, incluso rigen la vida diaria, como la medida del tiempo.

a) *Sucesión de días y noches: la medida del tiempo*

La Tierra recibe la luz del Sol, esta afirmación tan obvia hay que matizarla, pues el Sol solo ilumina a la mitad de la esfera terrestre (concretamente a la cara terrestre directamente expuesta a la luz solar) la otra mitad queda en sombra.

Si la Tierra no rotase el Sol siempre iluminaría una mitad de la Tierra, mientras que la otra mitad nunca sería iluminada y conocería una noche permanente. Afortunadamente, la realidad es de otro modo, pues si hubiese sido así, la Tierra sería inhabitable: una mitad conocería elevadísimas temperaturas y la otra mitad estaría siempre con temperaturas muy frías, lo que añadido a la falta de luz, impediría el desarrollo de la vida.

La rotación de la Tierra supone que toda la superficie terrestre sea iluminada en algún momento del día, es decir, la rotación impone la **sucesión de días y noches**. Como la Tierra invierte 24 horas en realizar el giro sobre su propio eje, teóricamente, cualquier punto terrestre tendría 12 horas de luz y 12 horas de noche. Sin embargo, la realidad nos muestra que esto no es así, en verano hay más horas de luz que en el invierno; la solución a esta cuestión se estudiará, en este mismo tema (punto 2.3).

Dejando ahora de lado el problema de la desigual duración de las noches y los días, la realidad es que en un mismo instante, en el planeta hay lugares iluminados, áreas en las que es de noche y en unos lugares estará amaneciendo y en otros anocheciendo. Es decir, la rotación determina la existencia de las distintas horas que hay en la Tierra.

- Las horas en el mundo.

Si la esfera tiene 360° e invierte 24 horas en completar un giro, esto supone que cada hora el planeta gira 15°, o lo que es lo mismo, 1° cada 4 minutos. Para en-

tender el proceso hemos de observar un globo terráqueo, el cual es iluminado fijamente por un foco de luz (el Sol), como el globo gira (en sentido contrario de las agujas del reloj), siempre hay una zona iluminada y una zona oscura.

Si se divide la zona iluminada en tres sectores.

El primero situado más al oeste (según se mira el globo terráqueo desde el foco de luz, el sector que queda a la izquierda). En este sector, debido a la rotación, una porción de la Tierra está entrando en la zona iluminada, es decir, está amaneciendo.

El segundo sector ocupa el área central de la zona iluminada, en ella la luz incide con mayor verticalidad, se correspondería con la parte del Planeta, en al que es mediodía.

El tercer sector se corresponde con las áreas en las que está anocheciendo y se corresponde con la parte más oriental (según miramos el globo terráqueo desde el foco de luz, el sector que queda en el extremo de nuestra derecha).

El área en la que es mediodía, es decir, el sector en el que el sol alcanza su *cenit*, son las 12 horas, y este meridiano lo denominamos **meridiano de mediodía**. Su meridiano opuesto, es el **meridiano de medianoche**. El meridiano de mediodía, iluminado por el Sol, permanece fijo; es la Tierra la que rota ($4 \text{ minutos} = 1^\circ$). Esto supondrá que las áreas que estaban iluminadas por el meridiano de mediodía, tras cuatro minutos se habrán desplazado hacia el este 1° y su lugar lo habrá ocupado otros territorios.

Como el movimiento de rotación, es en sentido oeste-este, ello implica que las primeras tierras en las que amanece son las orientales, también anochece antes en estas que en las occidentales.

Por ejemplo, en la Península Ibérica, amanece antes en Barcelona que en Valladolid, en esta ciudad, antes que en Zamora y por último, los habitantes de Oporto verán amanecer cuando en la costa Mediterránea ya han disfrutado casi 30 minutos de sol. Sin embargo, estas ciudades tienen la misma hora (hora oficial), lo que no es lo mismo es la hora solar del lugar (hora local).

Según lo anterior, cada grado de longitud que recorramos, hay 4 minutos de diferencia. En España este hecho supone, aproximadamente, que en un desplazamiento de 85 kilómetros hacia el este o el oeste desde un lugar determinado, habría que cambiar de hora (adelantar o atrasar el reloj 4 minutos). ¿Se imagina el problema y el caos? Por esa razón, en la citada conferencia de Washington (1884) se estableció un ordenamiento internacional de la hora.

Tomando como referencia un meridiano, el meridiano de Greenwich, se estableció la hora internacional, también denominado hora de Greenwich, en sus siglas inglesas: hora GMT (Greenwich Mean Time). Antes de poner el ejemplo que aclare este hecho hay que incluir el concepto de **huso horario**. Se entiende por huso horario el espacio comprendido entre dos meridianos separados por 15° de longitud, y cuyos territorios tienen la misma hora. En la Tierra hay 24 husos horarios ($24 \times 15^\circ = 360^\circ$), y en cada uno hay una hora en función de la hora GMT.

Como el meridiano de Greenwich y su huso horario correspondiente es el meridiano de referencia, los husos que están hacia el oeste, tienen su hora atrasada respecto a Greenwich (*figura 7*).

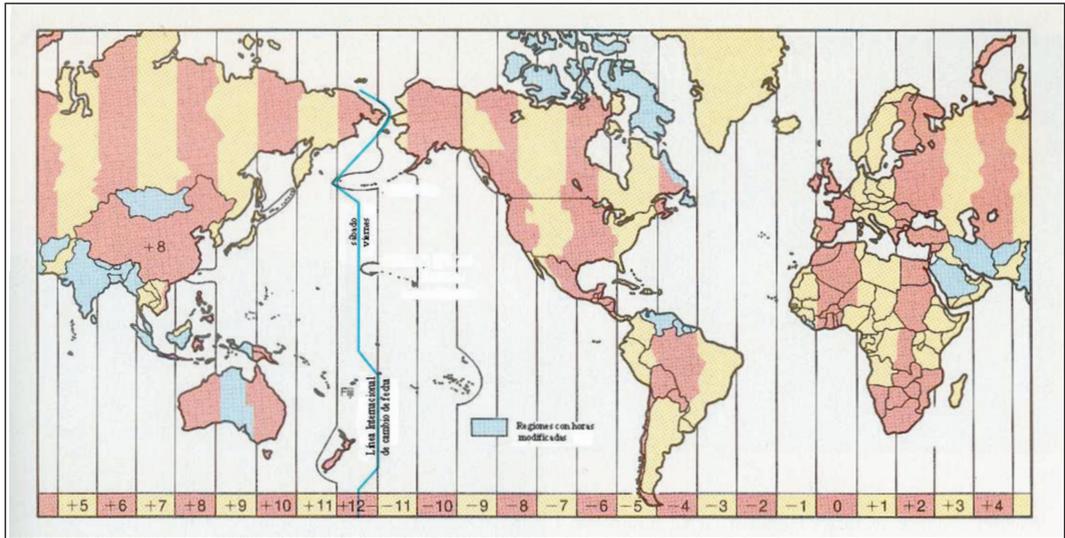


FIGURA 7. Husos horarios (adaptado de Wallen, 1992).

Recuerde que en Canarias hay una hora menos que en la Península; Canarias está al oeste de la Península, (de un modo más exacto al suroeste). Por el contrario, los husos situados al este del de Greenwich tienen la hora adelantada.

Por eso, si en Greenwich es mediodía (12GMT), en los 12 husos situados hacia el oeste tendrán respectivamente las 11,10,9,8,7,6,5,4,3,2,1.00 horas AM (abreviatura de *ante meridiem*, hora antes del mediodía) (figura 7).

Por el contrario, en los husos horarios situados al este de GMT, las horas serán 13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24 PM (abreviatura de *post meridiem*).

Si observa la distribución de los husos horarios expuesta en las líneas superiores, puede ver como si en GMT son las 12 del mediodía, en el meridiano opuesto (meridiano de medianoche) coincide las 00 am y las 24 pm. Esto significa que en dicho meridiano, un nuevo día aparece y un antiguo día desaparece, es la denominada **línea internacional de fecha**. Teóricamente coincide con el meridiano 360° (180° oeste $+180^\circ$ este = 360°), aunque dicho meridiano, prácticamente, se desarrolla en el Océano Pacífico, ha sido necesario hacer algunas modificaciones de su trazado para adaptarlo a las realidades políticas del área. Al atravesar la línea internacional de fecha hemos de adelantar o atrasar el reloj 24 horas.

b) *La desviación de los fluidos: el efecto Coriolis*

La rotación de la Tierra implica que un cuerpo en desplazamiento sufra desviaciones en su trayectoria. Esta fricción de la Tierra con los cuerpos en movimiento produce el denominado efecto Coriolis (nombre del científico que enunció el efecto).

En realidad los fluidos (agua y aire) son los cuerpos en los que se aprecia más claramente dicho efecto. El resultado de este efecto es de vital importancia en el funcionamiento de los vientos planetarios, circulación de las aguas oceánicas etc. Por lo tanto es muy importante aprender el siguiente principio que supone el efecto de Coriolis: **todo fluido en el hemisferio norte sufre una desviación de su re-**

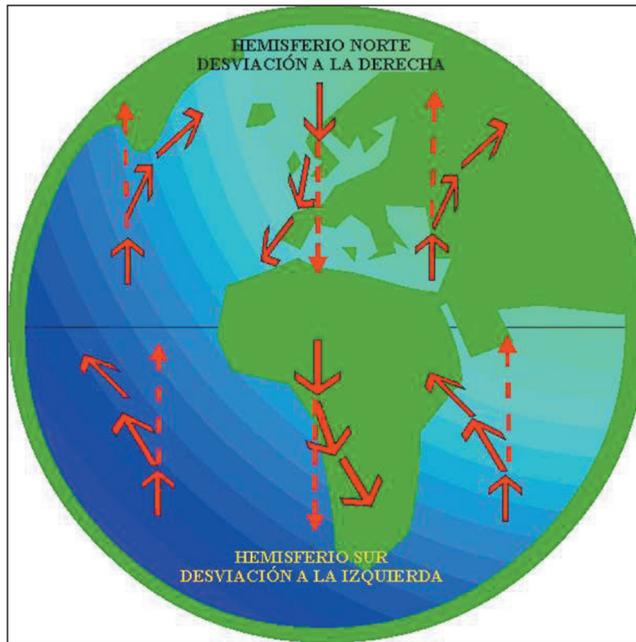


FIGURA 8. *La desviación de los fluidos: efecto de Coriolis.*

corrido, hacia la derecha de su trayectoria (independientemente de la dirección de ésta), y hacia su izquierda en el hemisferio sur. El efecto de Coriolis está en relación con la latitud, por ello alcanza su máximo valor en las altas latitudes y su efecto es mínimo en latitudes bajas, siendo nula en el ecuador (*figura 8*).

c) *Ritmo diario de las mareas*

Las mareas son producidas por las diferentes atracciones que ejercen la Luna y el Sol sobre la Tierra, es fácil entender que el movimiento de rotación expone a los mares en distintas posiciones frente a la Luna y el Sol, todo ello a un ritmo de 24 horas. El resultado es la variación diaria de las mareas. La Luna es más importante que el Sol en el funcionamiento de las mareas (compensa su menor tamaño con una mayor cercanía, —recuerde que la fuerza de la gravedad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia—) de tal modo que la fuerza gravitacional es más elevada en el sector de la Tierra que «mira» a la Luna y menor en la cara opuesta.

2.2. El movimiento de traslación

El movimiento de traslación es el que realiza la Tierra alrededor del Sol. En realizar ese recorrido la Tierra invierte 365 días, 6 horas, 4 minutos y 9 segundos, y este es el tiempo que denominamos año. Sin embargo, esta medida no coincide con el año sidereal o sidéreo de los astrónomos que lo definen como el tiempo necesario para que la Tierra pase dos veces por el mismo punto de su órbita, respecto a una estrella fija.

El viaje de la tierra alrededor del Sol medido en un año es la unidad de medida que sirve a la Geografía y a los calendarios. El desajuste que se produce de 6 horas se subsana cada cuatro años, añadiendo un día más (6 horas \times 4 = 24 horas) al mes de febrero (años bisiestos). A pesar de estas correcciones es necesario realizar otras para ajustar el calendario, si bien, estas tienen un carácter secular.

UNA EXCEPCIÓN EN EL AÑO 2000

El año 2000 fue bisiesto, la regla del calendario expone que los años acabados en 00 no son bisiestos, excepto si son múltiplos de 4. Por lo tanto, lo fue 1600 y 2000 y lo será 2400, pero no los años intermedios acabados en 00. Este es sólo un ejemplo de los ajustes de calendario.

2.2.1. Un veloz viaje alrededor del Sol

VELOCIDAD Y SEGURIDAD

La Tierra es un verdadero proyectil lanzado a toda velocidad por el espacio: en un año, recorre unos 930 millones de kilómetros alrededor del Sol, a una velocidad media aproximada de 106.000 km/h. Sin embargo, sigue una órbita fija y segura, plano de la eclíptica, de la que no se sale gracias al equilibrio gravitacional del Sistema Solar.

a) *Trayectoria y sentido de giro*

La Tierra en su movimiento de traslación describe una órbita que dibuja una elipse. El sentido del movimiento de traslación que coincide con el de rotación, es de izquierda a derecha, quedando el Sol en el centro de la elipse. Que la órbita tenga forma de elipse supone que la Tierra varíe su distancia respecto al Sol, si hubiese sido circular, siempre estaría a la misma distancia. La mayor o menor cercanía respecto al Sol determinan las posiciones de **perihelio** y **afelio**.

b) *Perihelio y afelio*

La distancia media que separa la Tierra del Sol es de 150 millones de kilómetros, este valor encubre la diferencia entre **afelio**, que coincide con el momento de máximo alejamiento de la Tierra respecto al Sol y **perihelio**, momento de menor distancia entre la Tierra y el Sol. El afelio se alcanza el 4 de julio y el perihelio el 3 de enero, estas dos situaciones nos demuestran que la cercanía o lejanía al Sol no es la causa de la existencia de inviernos y veranos. En enero, a pesar de estar la Tierra más cerca del Sol, es invierno, pero sólo en el hemisferio norte, porque en el hemisferio sur, sí hay coincidencia de máximo acercamiento y más calor. No obstante, está claro que existen otros factores que explican las estaciones térmicas, pues como se ha dicho, no es la distancia al Sol. ¿Cuáles son los factores que determinan las estaciones? La respuesta a esta pregunta se expone en el punto 2.3.1 y está relacionada con la inclinación del eje de la Tierra.

2.2.2. La inclinación de los rayos solares

Los rayos solares inciden en la superficie de la Tierra con diferentes ángulos de inclinación. Pueden ser verticales, es decir, el ángulo formado por el rayo solar con la superficie es de 90° , e incluso, puede ser tangencial (0°).

Este hecho es muy importante y conviene entender las consecuencias térmicas y energéticas derivadas de la inclinación de los rayos solares.

Una primera consecuencia, muy evidente, está relacionada con la sombra que proyectamos en un día soleado. La sombra en invierno es más alargada que en verano, ¿Por qué? Porque el ángulo de incidencia no es el mismo, obviamente cuando el ángulo es más agudo la sombra proyectada es más larga y eso sucede en invierno.

La energía que se recibe del Sol, en una superficie perpendicular de la capa exterior de la atmósfera es constante, casi 2 calorías por centímetro cuadrado y minuto. Esta unidad se denomina constante solar y se expresa también como 2 langleys/minuto. Esta ingente cantidad de energía al llegar a la superficie de la Tierra varía según el grado de inclinación.

Si los rayos son oblicuos (*figura 9*) la cantidad de energía se distribuye en mayor unidad de superficie, lo que supone que si 2 calorías tienen que calentar, por ejemplo, 2 centímetros cuadrados. En realidad, el calentamiento superficial es de 1 caloría por cm^2 . Sin embargo, si el rayo es vertical la misma energía se concentra en menos superficie y por lo tanto ésta se calienta más.

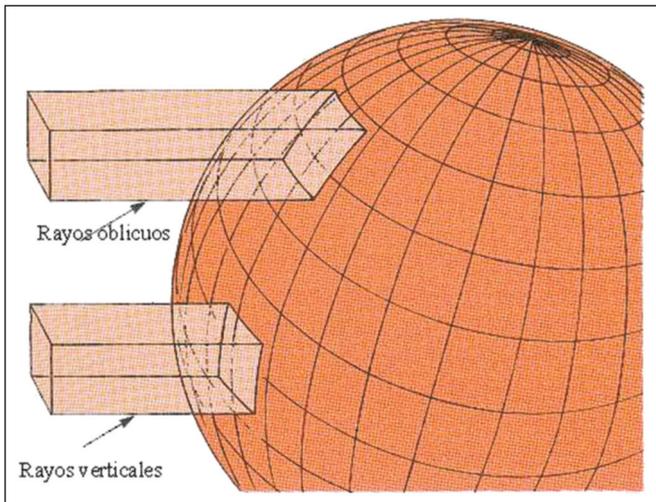


FIGURA 9. *La inclinación de los rayos solares y el calentamiento de la superficie* (adaptado de Scott, 1989).

Para comprender mejor lo anterior piense en un sencillo ejemplo, si se ilumina una habitación con una linterna en posición vertical, el haz de luz iluminará la misma superficie del foco. Sin embargo, si se inclina la linterna la superficie iluminada es mayor, pero por lo contrario, la energía de la linterna (luz), se disipa en mayor superficie.

UNA PEQUEÑA REFLEXIÓN

La postura bípeda de los humanos permite que en invierno, cuando es menor la inclinación de los rayos solares, y por tanto, menor el calentamiento por unidad de superficie; la posición vertical asegure exponer al sol mayor superficie. Sin embargo, en el verano cuando el calentamiento por unidad de superficie es mayor, la superficie expuesta es menor (cabeza y hombros). ¿Feliz coincidencia?, ¿Adaptación?...

La inclinación de los rayos solares es un hecho de vital importancia porque es el factor que determina el desigual calentamiento de la superficie terrestre.

Por ello y una vez comprendido el proceso se entiende mejor la siguiente e importante afirmación: **el máximo calentamiento se produce con un ángulo de incidencia de 90°, cuanto menor sea el ángulo de incidencia (mayor inclinación de los rayos solares), el calentamiento de la superficie terrestre es menor.**

La diferente inclinación de los rayos solares, unido a la inclinación del eje de la Tierra son los factores que determinan: la estacionalidad, la desigual duración de los días y las noches, la zonalidad..., elementos de gran importancia geográfica y que se analizarán en el siguiente punto.

2.3. Las consecuencias geográficas de la traslación e inclinación del eje de la Tierra

Los habitantes de latitudes medias pueden observar con facilidad que las horas de luz, durante el invierno, son menores que las horas de luz de que disponen en verano. Sin embargo, los habitantes de zonas próximas al Ecuador apenas notan diferencia de horas de luz a lo largo del año. El extremo máximo se da en los polos en los que durante seis meses hay luz permanentemente, seguidos por seis meses de una larga y prolongada noche.

Esta desigual duración de los días y las noches está relacionada con la inclinación del eje de la Tierra respecto al plano de la eclíptica. Este hecho también justifica la existencia de dos solsticios y dos equinoccios y la aparición de la estacionalidad. Por último, el desigual calentamiento terrestre implica la zonificación térmica del planeta en dos zonas templadas, dos frías y una cálida. En primer lugar hay que entender que supone que el eje de la Tierra se encuentre inclinado respecto al plano de la eclíptica.

- La inclinación del eje de la Tierra respecto al plano de la eclíptica.

El eje de la Tierra está inclinado respecto al plano de la eclíptica (plano teórico por el que la Tierra se traslada alrededor del sol) $66^{\circ}33'$. Esta inclinación supone que el eje de la Tierra esté inclinado $23^{\circ}27'$ respecto a un eje vertical teórico (*figura 10*).

Observe que la suma de $66^{\circ}33'$ y $23^{\circ}27'$ es igual a 90° . Otra particularidad es que dicha inclinación es constante (a escala temporal humana) y los extremos del eje presentan una orientación fija respecto a las estrellas.

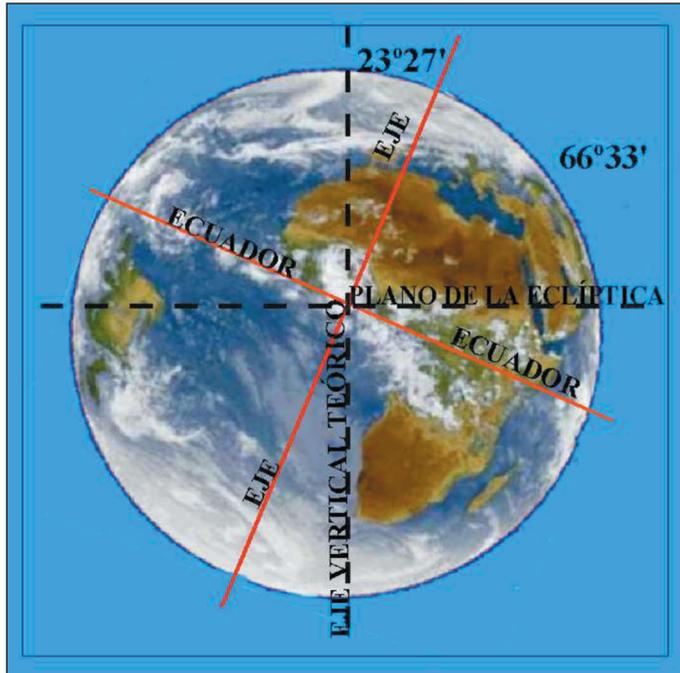


FIGURA 10. *La inclinación del eje de la Tierra.*

Debido a lo anterior, el ángulo de incidencia de los rayos solares varía en función del movimiento de traslación, dando lugar a las consecuencias que se analizarán en los siguientes apartados. Si no fuese así, es decir, si el ángulo del eje con el plano de la eclíptica fuese vertical, la incidencia de los rayos siempre sería la misma y no existirían estaciones.

El desplazamiento de la Tierra en el plano de la eclíptica permite definir cuatro fases que coinciden con las estaciones.

2.3.1. La estacionalidad

Aunque la inclinación varía en ciclos de miles de años, consideraremos que es constante a efectos reales, puesto que el cambio de inclinación no es perceptible a escala temporal de una vida humana.

El viaje terrestre alrededor del Sol determina que:

- El hemisferio norte aparece «inclinado» hacia el Sol (*figura 11, posición de junio-observe que el Casquete Ártico está expuesto al Sol, aunque la Tierra gire*), luego el hemisferio sur se situará en una posición opuesta, como si quedara a la «sombra». Este momento sucede el 21 o 22 de junio de cada año y se corresponde con el **solsticio de verano** en el hemisferio norte, por el contrario, es el solsticio de invierno del hemisferio sur. Cuando se produce el solsticio de verano, el Sol alcanza la verticalidad de los rayos en el trópico de Cáncer, por el contrario en el trópico de Capricornio el ángulo sólo es de 43° .

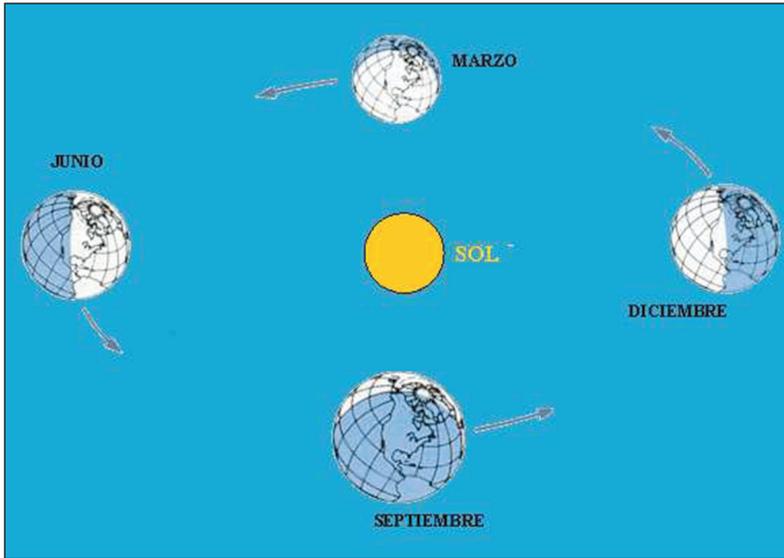


FIGURA 11. El movimiento de traslación y las estaciones.

- Continuando el viaje, la Tierra se orienta respecto al Sol, el 22 o 23 de septiembre de cada año, de tal manera, que los rayos solares son perpendiculares en el Ecuador y en ambos trópicos la inclinación es de $66^{\circ}33'$ (figura 11, observe como el Sol ilumina la mitad exacta de la Tierra. Fíjese también la figura 12). Este momento, en el que la posición de la Tierra permite que aparezca iluminada, la mitad de su superficie, se denomina **equinoccio de otoño**, en el hemisferio norte, mientras que en el sur es el equinoccio de primavera. En el equinoccio la duración del día y la noche es igual (12 horas de día y 12 de noche).
- Tres meses después del equinoccio de otoño, la Tierra se «inclina» hacia el sol mostrando el hemisferio sur (figura 11. Observe que el Casquete Ártico queda en sombra permanentemente, situación inversa a la explicada en primer lugar). Esto sucede el 21 o 22 de diciembre de cada año y se corresponde con el **solsticio de invierno** en el hemisferio norte, lo cual, se corresponde con el solsticio de verano del hemisferio sur. En este momento, los rayos solares son verticales en el trópico de Capricornio, mientras que inciden con 43° en el de Cáncer. Esta fase es diametralmente opuesta a la vista en la primera situación. Esta es la razón por la que es invierno en el hemisferio norte, a pesar de estar en la posición de perihelio.
- Por último, tras el solsticio de invierno, tres meses después, el 21 o 22 de marzo, la posición de la Tierra respecto a la eclíptica vuelve a corresponderse con un ángulo de 90° . Es el denominado **equinoccio de primavera** y la situación es similar a la descrita en el equinoccio de otoño.

Tras esta explicación se entiende el ritmo estacional astronómico de verano, otoño, invierno y primavera. No obstante estas estaciones astronómicas no se corresponden exactamente con las estaciones climáticas, pues éstas adquieren significados muy diferentes según las latitudes, lo que está relacionado con la zonalidad.

2.3.2. La desigual duración de los días y las noches

La posición que expone la Tierra al Sol en su movimiento de traslación, no sólo supone la secuencia de estaciones, sino que además influye en la desigual duración de los días y las noches. Se denomina **círculo de iluminación** a la línea de separación entre la parte iluminada y no iluminada de la Tierra. En los equinoccios el círculo de iluminación se corresponde con el eje de la Tierra (*figura 12*), es decir, dicho círculo coincide con la línea que une los polos. Por esta razón, la duración de los días y las noches son iguales. Sin embargo en los solsticios la duración de los días y las noches varía según el hemisferio y, dentro de éste, según la latitud. Un ejemplo nos sirve para aclarar esta situación y comprender las otras que son análogas.

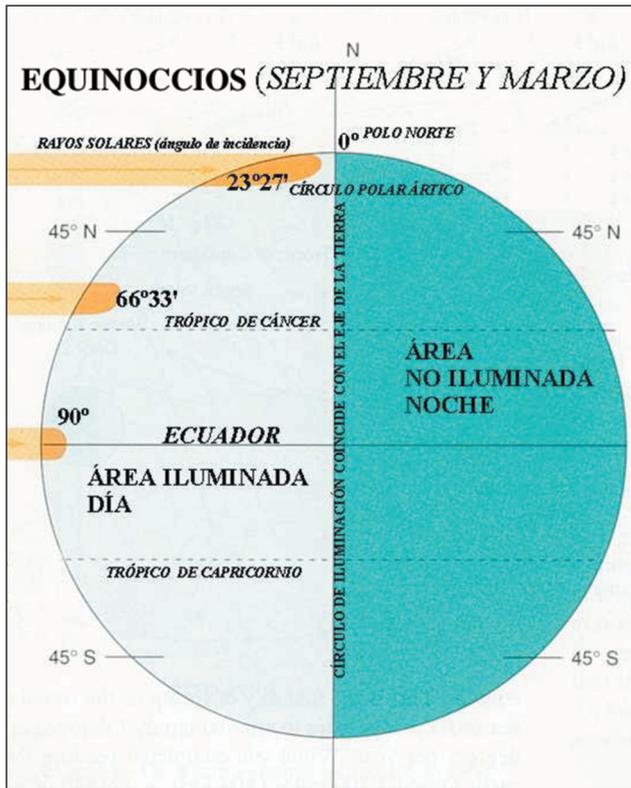


FIGURA 12. La duración de los días y las noches en los equinoccios debida a la coincidencia del eje de la Tierra y el círculo de iluminación (adaptado de Wallen, 1992).

Supongamos la situación de diciembre —invierno en el hemisferio norte y verano en el sur— (*figura 11*). El círculo de iluminación es vertical, mientras que el eje de la Tierra presenta la inclinación correspondiente. Ello supone que aunque la Tierra gire sobre sí misma, todas las regiones situadas al sur del Círculo Polar Antártico, están permanentemente iluminadas. Por el contrario, el casquete polar ártico queda comprendido dentro de la zona no iluminada. Entre estas dos situaciones extremas, el Ecuador presenta una proporción exacta entre la zona oscura y la zona iluminada.

2.3.3. La zonalidad

De la observación de la estacionalidad se obtiene que el calentamiento de la Tierra es muy desigual. La Tierra se puede dividir en **zonas** térmicas atendiendo sólo a criterios astronómicos. La división del Planeta en áreas determinadas por la latitud, es decir, la **división zonal de la Tierra**, adquiere una gran relevancia geográfica, los límites no han de tomarse de un modo rígido, puesto que hay caracteres locales y geográficos que determinan que no se puedan delimitar las zonas de una manera precisa y matemática.

Como ya se ha estudiado, el Sol alcanza la máxima verticalidad en los Trópicos (una vez al año en cada trópico) y dos veces al año en el ecuador (equinoccios). Este máximo calentamiento nos permite delimitar la **zona intertropical**. En los polos los rayos solares siempre son tangentes y una vez al año lo son en los respectivos círculos polares, esto supone que el enfriamiento es máximo entre las latitudes de los Círculos Polares ($66^{\circ}30'$) y sus respectivos polos. Por lo tanto aparecen dos **zonas frías** (ártica en el hemisferio norte y antártica en el sur). Entre los trópicos y los círculos polares se desarrollan en cada hemisferio las denominadas **zonas templadas**.

En esta primera división el Planeta queda zonificado en una zona intertropical, atravesada por el Ecuador, dos zonas templadas y dos zonas frías.

Esta clasificación inicial se completa con subdivisiones, así, en la Zona Intertropical que latitudinalmente y redondeando las cifras la situaremos entre los paralelos 25° de ambos hemisferios, se distingue la **zona ecuatorial**. Este cinturón se extiende a 5° norte y sur del ecuador, por lo tanto es una banda latitudinal de 10° que ocupa la posición central del globo. Esta es la zona de mayor insolación y de igual duración de las noches y los días. En la zona ecuatorial es difícil distinguir las estaciones, pues no existen grandes diferencias térmicas a lo largo del año.

Entre los paralelos 5 y 25 de cada hemisferio se distingue la **zona tropical**, caracterizada por una insolación menor que en la ecuatorial y una mayor desigualdad en la duración de los días y las noches. Las estaciones de invierno y verano son muy marcadas pero no por aspectos térmicos sino pluviométricos.

La zona templada se extiende entre los 25° y 65° (el límite teórico es la latitud de los Círculos Polares pero por conveniencia práctica redondeamos la cifra a 65°). Dentro de los 40° de latitud hay fuertes diferencias intrazonales que justifican la siguiente división: **zona subtropical, zona media y zona subpolar**.

La zona subtropical es la banda que se ciñe a la intertropical y su límite está en los 35° , aun teniendo características templadas, su cercanía a los Trópicos determina influencias climáticas y térmicas que hacen de sus territorios un ámbito de transición entre el mundo templado y el tropical.

La zona media se extiende desde los 35° a los $55/60^{\circ}$, el límite septentrional de la zona media boreal es impreciso porque intervienen factores geográficos (distribución de continentes y mares). Sin embargo en el hemisferio austral, el límite es más preciso y se puede situar en la latitud 60° . En las zonas medias se observa mejor el cambio estacional y este se aprecia tanto desde el punto de vista térmico como lumínico (desigual duración del día y la noche según sea invierno o verano).

La zona subpolar es la franja que bordea los círculos polares, se desarrolla entre los $55/60$ y los 65° . La proximidad de los polos acentúa el contraste lumínico estacional, así como el alargamiento de la estación fría.

Por último, las dos zonas frías, Ártica y Antártica quedan comprendidas entre los paralelos 65 y los 90° de los respectivos polos. Las principales características de las zonas frías son: el contraste estacional entre una noche invernal de seis meses (aunque este hecho solo se da en los puntos polares) y un verano de seis meses de día; la escasa energía recibida del Sol debido a la oblicuidad de los rayos solares y la permanencia de la hidrosfera en estado sólido.

En el siguiente cuadro se puede ver el resumen de la zonificación térmica del Planeta, su conocimiento es muy importante puesto que a partir de ella se organizará la variedad climática. A partir de estas líneas, cuando se sitúen hechos geográficos se hará referencia a estas latitudes; como por ejemplo *en las latitudes subtropicales se desarrollan...*, *la situación es diferente en la banda ecuatorial*, etc. Usted debe entender y conocer la localización de dichas bandas latitudinales.

Latitud	Zona	Subzonas
65-90	FRÍA	
25-65	TEMPLADA	Subpolar (55-60/65) Media (35-55/60) Subtropical (25-35)
25-25	INTERTROPICAL	Tropical (5-25) Ecuatorial (5-0-5) Tropical (5-25)
25-60	TEMPLADA	Subtropical (25-35) Media (35-60) Subpolar (60-65)
65-90	FRÍA	

2.4. Otros movimientos de la Tierra

Los dos movimientos que se han estudiado son los más importantes y los que tienen repercusiones geográficas más directas y evidentes. Sin embargo, conviene conocer que la Tierra está sometida a otros movimientos, estos se desarrollan en grandes ciclos de miles de años de duración, por lo que no son observables a escala humana. La importancia de estos movimientos se asocia a su influencia en las variaciones climáticas habidas a lo largo de la historia geológica.

Los tres movimientos son:

- La variación de la inclinación del eje terrestre respecto a la vertical; la inclinación varía entre 21°06' y 24°30', estando en la actualidad en 23°27'. El periodo de oscilación entre ambos valores de inclinación es de 40 000 años, de hecho desde las primeras observaciones realizadas por astrónomos chinos hace casi 3 000 años, se ha medido una desviación de 28'.
- El segundo movimiento es el de precesión de los equinoccios (*figura 13*), su ciclo es de unos 26 000 años y consiste en un balanceo del eje terrestre con una oscilación máxima de 47°.

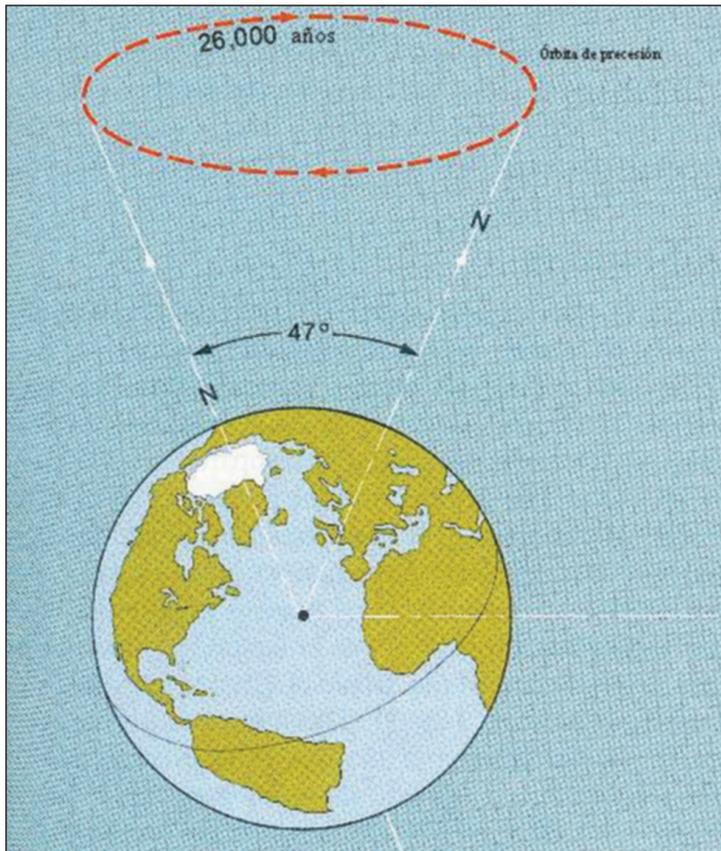


FIGURA 13. *Movimiento de precesión de los equinoccios* (adaptado de Wallen, 1992).

- El tercer ciclo se realiza cada 96 000 años y supone pequeños cambios en la forma de la elipse que describe la Tierra en su movimiento de traslación y por lo tanto cambios en su excentricidad y distancias mínimas y máximas respecto al Sol.

Estos tres movimientos que se desarrollan en distintos ciclos temporales, son muy lentos y no los percibimos como los de rotación y traslación. El conjunto de estos tres ciclos recibe el nombre de **ciclos de Milankovich** (en honor del matemático serbio que los enunció en los años veinte).

RESUMEN

La Tierra tiene unas dimensiones intermedias en comparación con los planetas del Sistema Solar, sin embargo, ocupa una posición estratégica dentro del mismo, a una distancia del Sol que le permite tener unas condiciones energéticas y térmicas adecuadas para el desarrollo de la vida.

La propia forma de la Tierra, la distancia que ocupa respecto al Sol, sus movimientos y la inclinación de su eje son factores determinantes en aspectos climáticos, cronológicos y en el movimiento de los fluidos.

MANUALES GENERALES DE GEOGRAFÍA FÍSICA

- STRAHLER, A. N. (1989): *Geografía Física*.

Manual básico e imprescindible en la biblioteca de todo geógrafo, un libro de cabecera geográfico, un clásico por el que no ha pasado el tiempo de forma significativa. Sus excelentes dibujos permiten comprender los procesos geográficos sin ningún tipo de dificultad. Su texto es fácilmente comprensible y no presenta dudas en su consulta. Sin duda, la obra recomendada para acompañar el estudio de los temas de Geografía Física.

- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1992): *Geografía Física*, Madrid, Ed. Cátedra.

Otro manual básico en la consulta de la Geografía Física, su texto y enfoque lo hace más moderno que el libro de Strahler. Su parte gráfica es suficiente aunque no alcanza las características del autor americano, sin embargo, su texto es muy asequible y combina rigor y facilidad explicativa.

- AGUILERA ARILLA, M.^a J. y otros (2013): *Unidades Didácticas de Geografía General*, Madrid, UNED.

Unidades didácticas de la asignatura de Geografía General de primer curso de la licenciatura de Historia de la UNED. Su consulta es recomendable para ampliar conocimientos de los aspectos tratados en el CAD y que, debido al carácter introductorio de éste, no son tratados en profundidad. El haberse realizado con los presupuestos metodológicos de la UNED y ser el manual con el que usted estudiará 1.º de licenciatura, justifica una consulta.

BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA DEL TEMA

- STUART, T. (2000): *Nuestro sistema solar y su lugar en el cosmos*, Madrid, Ed. Cambridge University Press, 223 pp.

La Tierra inscrita en un sistema solar y éste en un sistema más amplio, es el hilo conductor del libro. Su consulta es básica para satisfacer las dudas y curiosidades relativas a los movimientos terrestres.

AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Por qué en el invierno boreal hay menos horas de luz?
- 2 ¿En qué estación del año son más alargadas las sombras? ¿Por qué?
- 3 En función de los factores cósmicos ¿Cuál es la zonalidad térmica del planeta?
- 4 ¿En qué escala temporal es perceptible el movimiento de precesión?