

16
2 ej



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

UNAM

**CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO
DEL SISTEMA ESTRATIFICADO Y
DINAMICO LLAMADO TIERRA**



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

T e s i s
QUE PARA OPTAR AL TITULO DE

Licenciado en Geografía

P r e s e n t a

NORAH JULIETA MEDINA LOPEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N T R O D U C C I O N

Después de haber incursionado en el ámbito docente, es evidente la necesidad de contar con material didáctico de elevada calidad y accesible a los educandos, profesores y padres de familia.

En relación al área de Ciencias de la Tierra, ésta es de reciente instauración como asignatura en el nivel medio superior en nuestro país, comparativamente con otras naciones en donde ya cuenta con una tradición en el ámbito educativo a niveles medios.

Por esta razón y otras más, no hay materiales didácticos idóneos que concentren de manera íntegra los conocimientos fundamentales.

En general, algunas deficiencias de dichos materiales son:

- 1) Presentación de la información de manera muy especializada y - por lo tanto dispersa en textos de disciplinas específicas como la Petrografía, la Geología Estructural, la Geodesia, la - Sismología y otras.
- 2) Alto costo de libros especializados y/o dificultad de consulta en bibliotecas escolares, principalmente de las escuelas de - nivel medio superior.
- 3) Falta de actualización de la información de carácter astronómico, geofísico y geológico, esencialmente.

Ante la necesidad de contar con un texto que se adecúe a los - requerimientos de los educandos del Colegio de Bachilleres y como - una aportación al mejoramiento del área de Ciencias de la Tierra, - presento un texto que, junto con las consideraciones expuestas, - constituyen la tesis en la obtención del grado de Licenciado en Geografía.

O B J E T I V O S

El objetivo más amplio del material elaborado es elevar el nivel general, no solamente de los alumnos de enseñanza media básica, sino también facilitar el trabajo docente de los profesores en las aulas escolares.

En forma particular, los objetivos de esta empresa de carácter didáctico son:

- 1) Elaboración de un texto adecuado al grado de desarrollo psicopedagógico y académico de los estudiantes de enseñanza media superior, con el fin de elevar la calidad de la educación y obtener mayores logros derivados de ella.
- 2) Mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje en las instituciones educativas por tratarse de un material no solamente informativo, ya que también cumple funciones formativas por las características de su presentación, en torno a este aspecto, se puede puntualizar que cuenta con actividades de aprendizaje que son de aplicación, para las cuales los educandos deberán de transferir el conocimiento con sus propios términos y demostrar que realmente comprendieron y no solamente memorizaron cada tema o lección. El tipo de las actividades presentadas al término de cada capítulo tienen un carácter específico acorde con los temas, son de ejercitación o fijación, desarrollo e integración y tienen como finalidad que el alumno ejercite su capacidad de síntesis y que profundicen su conocimiento.
- 3) Integrar los conocimientos de los educandos aplicándolos a la comprensión de las características y el comportamiento de nuestro planeta, para que ellos mismos noten y aprecien la utilidad del aprendizaje mediante la transferencia de conocimientos ya adquiridos en asignaturas del ciclo medio básico (secundario) y también del ciclo medio superior (bachillerato). Son ejemplos: Geografía, Física y Química.
- 4) Ampliar el vocabulario científico-técnico de los educandos para mejorar su capacidad de comprensión y de fundamentación.

- 5) Orientar vocacionalmente a los alumnos porque por este medio conocerán el campo de acción de diversas disciplinas científicas en las que posteriormente podrían especializarse, tales como: Geología, Oceanografía, Geofísica, Meteorología y aún Astronomía que, a pesar de no pertenecer a las Ciencias de la Tierra, se trata de forma colateral para ubicar y caracterizar al planeta en el Universo.
- 6) Ubicar a los jóvenes estudiantes dentro de su medio geográfico-ecológico para que lo valore y lo aproveche desde diversos puntos de vista: ambientales y económicos.

M E T O D O L O G I A

El procedimiento para alcanzar los objetivos mencionados, — constata de una serie de actividades:

- a) Labor directa con los alumnos a quienes está dirigido el — texto, para conocer su desarrollo psico-pedagógico y así evi— tar subestimar o sobreestimar sus capacidades.
- b) Análisis de los programas de estudio que a nivel bachillera— to se siguen como la base del proceso enseñanza-aprendizaje.
- c) Investigación bibliográfica de carácter técnico y también — psico-pedagógico.
- d) Retroalimentación constante del trabajo con grupos de estu— diantes para ir basándose en realizades y no en creencias y darle mayor operatividad a la metodología.

C O N T E N I D O

El texto está constituido por cuatro partes que, en forma general, integran los siguientes aspectos con sus correspondientes actividades de aprendizaje:

1. Disciplinas dedicadas al estudio del planeta.
2. Características astronómicas y geodésicas de la Tierra.
3. El ciclo geológico.
4. El agua en la Tierra y su ciclo.
5. Interacción entre la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera.
6. El ciclo geoquímico y la participación de las transferencias de energía.

También se adjuntan un glosario y apéndices complementarios para facilitar el aprendizaje de los temas y la elaboración de actividades de aprendizaje y además prácticas experimentales (caracterización de rocas).

La bibliografía consultada consta de obras en español, así como en inglés y de carácter especializado por la dispersión de las Ciencias de la Tierra que se debe, en gran medida, a sus amplios campos de estudio. También se incluye una bibliografía citada que puede ser útil a los educandos por la facilidad a su acceso en las bibliotecas escolares.

Contenido

PARTE I	ANTECEDENTES AL ESTUDIO DEL PLANETA	
Capítulo 1	Campo de estudio y definición de las Ciencias de la Tierra	
	Geología	1
	Geofísica	3
	Geoquímica	5
	Hidrología	5
	Meteorología	7
Actividades	de aprendizaje	8
Capítulo 2	Generalidades del Universo	
	Componentes representativos	10
	Nuestra Galaxia	11
Actividades	de aprendizaje	12
Capítulo 3	El Sistema Solar	
	Origen del Sistema Solar	13
	Leyes de Kepler y ley de la gravitación universal	14
	Los planetas	17
	El Sol	
	- Datos generales	20
	- Estructura	21
	- Generación de la energía solar	22
	- Evolución del Sol	23
	- Influencia del Sol sobre la Tierra	24
	La Luna	
	- Datos generales	24
	- Relieve	25
	- Atmósfera	26
	- Magnetismo	27
	- Movimientos. Fases, eclipses y mareas luni-solares ..	28
Actividades	de aprendizaje	30
Capítulo 4	Características geodésicas y astronómicas de la Tierra	
	Forma y parámetros de la Tierra	
	- Forma	31
	- Parámetros	33
	Movimientos de la Tierra como astro	
	- Rotación	34
	- Traslación	36
Actividades	de aprendizaje	36
PARTE II	ESTRUCTURA DE LA TIERRA	
Capítulo 5	Estructura interna de la Tierra	
	Envolturas	
	- Núcleo	37
	- Manto	39
	- Corteza terrestre	39

	Rocas	
	- Procesos petrogénicos	40
	- Rocas ígneas	40
	- Rocas sedimentarias	41
	- Rocas metamórficas	42
	Actividades de aprendizaje	43
Capítulo 6	Historia Geológica	
	Eras geológicas	44
	Procesos de fosilización	45
	Evolución de continentes y océanos	46
	Tectónica de placas	46
	Actividades de aprendizaje	49
Capítulo 7	Fuerzas tectónicas	
	Diastrofismo	50
	Vulcanismo	51
	Zonas de plegamientos modernos, vulcanismo activo y sismicidad	52
	Actividades de aprendizaje	52
Capítulo 8	Fuerzas degradantes del relieve terrestre	
	Erosión	53
	Intemperismo	54
	Formas del relieve continental y submarino	55
	Actividades de aprendizaje	57
PARTE III	HIDROSFERA	
Capítulo 9	Aguas oceánicas.	
	Propiedades físicas y químicas	
	- Temperatura	58
	- Salinidad	58
	- Densidad	59
	- Composición general	59
	Dinámica de las aguas marinas	
	- Olas	60
	- Corrientes marinas	60
	- Subsidiencias	61
	Actividades de aprendizaje	61
Capítulo 10	Aguas continentales	
	Tipos de aguas continentales	
	- Ríos	62
	- Lagos	63
	- Aguas subterráneas	64
	Actividades de aprendizaje	65
Capítulo 11	Ciclo hidrológico	
	- Concepto	66
	- Causas y fases	66
	Actividades de aprendizaje	67

PARTE IV ATMOSFERA Y CLIMA

Capítulo 12	Envolturas de la atmósfera	
	Composición y propiedades físicas de la baja atmósfera ...	68
	Rasgos notables de cada capa	69
	Actividades de aprendizaje	69
Capítulo 13	Los fenómenos meteorológicos	
	Antecedentes	71
	Mecánica de los vientos	71
	Circulación general de la atmósfera	72
	Circulación regional y local de la atmósfera	72
	Interrelación del dinamismo de las masas de aire con otros fenómenos meteorológicos	73
	Actividades de aprendizaje	74
Capítulo 14	Tiempo meteorológico	
	Instrumentos de medición meteorológica	75
	Previsión del tiempo meteorológico	78
	Actividades de aprendizaje	79
Capítulo 15	Clima	
	Elementos y factores del clima	80
	Clasificación de los climas	81
	Actividades de aprendizaje	83
	GLOSARIO	84
	APENDICE A	
	Ciclo Geoquímico	94
	APENDICE B	
	Datos geológicos y petrográficos	
	- Gravedad específica y dureza de algunos minerales importantes	96
	- Escala de Mohs para determinación de dureza de las rocas	97
	- Utilidad práctica de algunos minerales extraídos de recursos geoló- gicos	97
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	99
	BIBLIOGRAFIA CITADA	100

P A R T E I

Antecedentes al Estudio

del Planeta

Capítulo 1

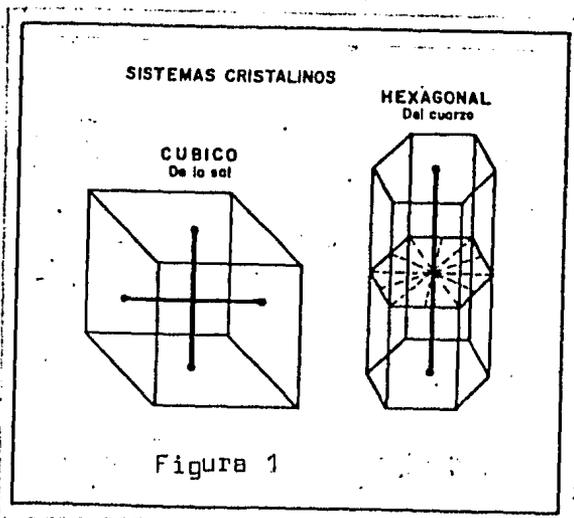
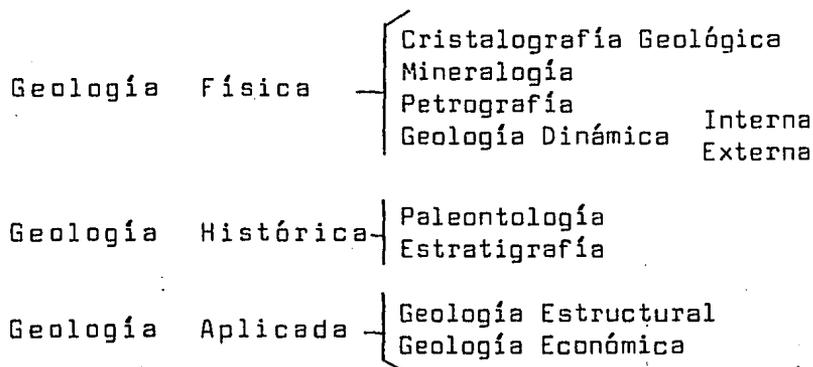
CAMPO DE ESTUDIO Y DEFINICION DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Como su nombre lo indica, las Ciencias de la Tierra tienen un campo de estudio común: La Tierra y aún aquellos astros que influyen en el planeta.

Para poder elaborar una definición completa de este grupo de disciplinas, se requiere una delimitación de sus campos. La Ciencia de la Tierra que impulsa la integración de estas geociencias, es la Geología.

GEOLOGIA

Es el estudio sistematizado de los fenómenos relacionados con la formación de las rocas con el fin de darles un uso óptimo y también para conocer la historia de la Tierra. Todos los estudios geológicos se basan en las características de los minerales y el origen de las rocas; debido a la amplitud y complejidad de esta ciencia, su gran campo ha sido fraccionado en otros menores: comprende la Geología Física, la Geología Histórica y la Geología Aplicada con sus correspondientes subdivisiones.



La Geología Física tiene por objeto el estudio del origen, naturaleza, disposición y transformación de las rocas; a este campo pertenecen:

La Cristalografía que caracteriza y clasifica las diferentes clases y sistemas de cristales que forman los minerales. Cada cristal tiene su propia estructura dependiendo de cuales sean los elementos que lo constituyen, ya que cada uno de los elementos químicos tiene sus propias dimensiones y al combinarse resultan variantes geométricas. Por ejem

plo, la sal (NaCl) adopta la forma de un cubo al cristalizar y el cuarzo (SiO_2) forma prismas rectos de forma hexagonal.

La Mineralogía estudia la estructura cristalina, las propiedades físicas (color, dureza, textura, flexibilidad, **índice de refracción**, etc.) y las propiedades químicas (composición) de los minerales.

La Petrografía es la descripción de las diferentes clases de rocas. Esta disciplina es muy útil porque las características de las rocas son muy diversas por las variables condiciones en las que se originan y por sus componentes que también difieren.

La Geología Dinámica Interna resuelve los problemas y aclara las incógnitas relacionadas con los procesos que dan origen a las estructuras rocosas producidas por mecanismos internos del planeta. Por su parte la Geología Dinámica Externa analiza los ciclos de alteración, transporte y sedimentación de los materiales que constituyen las estructuras geológicas y que contrarrestan en gran medida los factores internos estudiados por la geología dinámica interna.

La Geología Histórica tiene su propio enfoque porque se propone obtener información cronológica sobre aquellos acontecimientos estudiados por la Geología Física, es decir, investiga hace cuanto tiempo fueron producidos. Por ejemplo, ubica y relaciona la aparición, desarrollo y extinción de seres vivos; formación de rocas y relieves constituidos por ellas (volcanes, mesetes, depresiones), ascensos y descensos del nivel del mar, modificaciones de la configuración oceánica y continental, etc. Al campo de la Geología Histórica pertenecen:

La Paleontología, que es el estudio de los **fósiles**; su interpretación nos da a conocer la historia evolutiva de esos mismos seres vivos de épocas pasadas, así como numerosos fenómenos relacionados con ellos. Por ejemplo fenómenos climatológicos, geológicos e hidrológicos. Existe una estrecha relación entre esta disciplina y la Estratigrafía.

La Estratigrafía está dedicada a la observación de las condiciones y la ordenación de las capas de rocas que componen la corteza terrestre superficial y que también son indicativos de numerosos eventos geológicos. Como los fósiles se encuentran asociados a los estratos, puede ser deducida su posición en la escala cronológica de la Tierra.

Son aplicables decenas de métodos de datación con el fin de conocer la edad de los fósiles, las rocas y sucesos de carácter geológico como transformaciones del **relieve**, de tipo climatológico como las glaciaciones y de tipo hidrológico como los avances y retrocesos del mar, entre otros. Los métodos más frecuentemente empleados están basados en la **transmutación radiactiva** de los elementos naturales de las rocas y de otras sustancias como la materia de origen orgánico. Por ejemplo el rubidio se transforma en estroncio y sus concentraciones cuantitativas permiten datar lapsos de miles de millones de años, la medida de carbono 14 se aplica en muestras orgánicas de muchos milenios y para el caso de potasio - argón son precisados tan sólo unos pocos milenios. El estudio del **magnetismo** remanente en las rocas (paleomagnetismo), del número de anillos de los árboles (dendrocronología), de los granos de polen (palinología) y de la gradual sedimentación de materiales, también aportan métodos para indagar tiempos transcurridos y características del medio en que se desarrollaron diversos procesos ambientales.

La Geología Aplicada consiste en el aprovechamiento de los conocimientos aportados por las disciplinas geológicas en todas las actividades humanas que dan uso a los recursos, éstos pueden ser rocas, sedimentos, minerales o elementos, además de distribuciones espaciales de bloques y estratos rocosos y sedi--

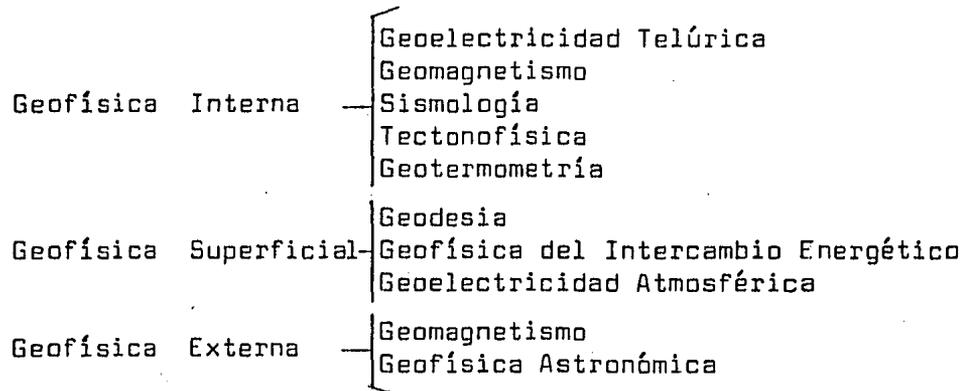
mentarios de la corteza superficial, porque de ellas depende el diseño y la construcción de obras. A este campo pertenecen:

La Geología Estructural que está aplicada al establecimiento de muy diversas obras en función a las unidades de organización zonal de las rocas en estructuras concretas, las cuales favorecen o dificultan la construcción de túneles, carreteras, presas y muchas otras obras diseñadas por el ingenio humano.

La Geología Económica que aplica la información al hallazgo de concentraciones locales de riquezas petrográficas, mineralógicas y sedimentarias, su correspondiente y óptimo uso en la industria y en la ciencia.

GEOFISICA

Esta ciencia investiga una variada gama de características cualitativas y - cuantitativas, desde la porción central de la Tierra, hasta aquellas regiones interplanetarias y aún los astros que producen cambios en el planeta. En el sentido más amplio, es el estudio de los problemas físicos de la Tierra por métodos instrumentales indirectos. Para clasificar las ciencias geofísicas se considerarán las diferentes regiones que integran la Tierra, así como la clase de fenómenos ocurridos en ellas; tenemos actualmente una Geofísica Interna, una Geofísica Superficial y otra Geofísica Externa. De acuerdo a los fenómenos físicos de cada región son consideradas las siguientes subdivisiones:



Interior de la Tierra:

La **Geoelectricidad Telúrica** es la disciplina encargada del estudio de las corrientes eléctricas y sus manifestaciones en las capas y regiones de la estructura interna de la Tierra, en constante interacción con la atmósfera.

El Geomagnetismo investiga el campo magnético generado por la orientación de las órbitas de los electrones de los materiales en movimiento convectivo del núcleo líquido de la Tierra, así como por los cambios de velocidad que éstos experimentan. Por ello el planeta se comporta como un imán del tamaño del propio astro, con sus correspondientes líneas de fuerza y polos magnéticos en donde es máxima la intensidad del campo.

La Sismología estudia el origen y los efectos de las **ondas sísmicas**, éstas son sacudidas del terreno debido principalmente a movimientos de **falla** y los fracturamientos resultantes de las rocas cuando se sobrepasa su límite de elasticidad. Se analiza su intensidad, duración, frecuencia, fenómenos geológicos asociados como pueden ser deslizamientos, desplomes y licuefacción de las rocas. Los datos obtenidos se emplean para elaborar los mapas de zonificación basados en las siguientes variables:

Parámetros sísmicos (modelos de la mecánica de las ondas sísmicas).
Parámetros dinámicos (funciones de distancia, profundidad y magnitud).
Información geofísica y particularmente de su campo tectonofísico.

La aplicación de los datos sismológicos son esenciales para la planificación regional y urbana, para el diseño compensatorio de los riesgos sísmicos y para la predicción de fuentes potenciales de sismos y sus efectos. Esta última se apoya, según datos recientes, en el análisis de los microsismos que generalmente anteceden a los macrosismos. Es de gran utilidad en la investigación de la estructura interna del planeta y su comportamiento termal.

La Tectonofísica estudia lo concerniente a los procesos litosféricos promovidos por la actividad de los materiales del manto, la que produce deformaciones en las estructuras geológicas de la superficie terrestre. Como ejemplos de cambios estructurales pueden ser mencionadas las montañas de diferente origen (de plegamiento, volcánicas, etc.), las llanuras y mesetas tectónicas, las fallas y fracturas. Son de gran valor para esta disciplina los datos gravimétricos que pueden dar a conocer los efectos de las fuerzas tectónicas de compresión y de tensión horizontal en la producción de plegamientos, fracturamientos y fallamientos de la corteza terrestre.

La Geotermometría es una disciplina geofísica que investiga las temperaturas presentes y pasadas de los fenómenos geofísicos y geológicos de la Tierra, particularmente investiga el origen de su calor interno, los efectos de éste y la proporción en que lo pierde.

Superficie de la Tierra.

La Geodesia es el estudio de la forma y dimensiones de la Tierra de manera parcial o total para poder determinar la posición exacta de puntos terrestres, razón por la cual es un apoyo indispensable para los trabajos cartográficos. Se reconocen dos tipos de estudios geodésicos: los físicos y los geométricos; los primeros utilizan mediciones del campo de gravedad terrestre para conocer la forma y las dimensiones de la Tierra y los segundos emplean diferentes técnicas para posicionamientos exactos en la superficie terrestre, dentro de las cuales sobresale la triangulación.

La Geofísica del Intercambio Energético tiene como campo de estudio fundamental el conjunto de transferencias de energía entre las fases y regiones que integran la superficie terrestre que incluyen: la parte externa de la corteza (materiales geológicos), la hidrosfera (agua) y la atmósfera (aire). El ciclo hidrológico que implica constantes pérdidas y ganancias de energía es objeto de estudio de la Geofísica del Intercambio Energético.

La Geoelectricidad Atmosférica estudia las propiedades y fenómenos relacionados con la electricidad de la atmósfera, tanto de las causas que los ocasionan, como de las diferencias de potencia que hay entre sus regiones.

El Geomagnetismo se ocupa de todos los aspectos relacionados con el campo magnético terrestre, de su origen interno y de sus efectos externos; por lo tanto corresponde a los campos interno y externo de la Geofísica.

Por último, la Geofísica Astronómica comprende un campo de estudio muy amplio desde el punto de vista de espacio porque trata las propiedades físicas y los movimientos de la Tierra y las interacciones con otros cuerpos del Sistema Solar que la afectan y/o pueden ser fuente de información (los meteoritos aportan datos sobre el origen y composición del Sistema Solar). Los astros que influyen -

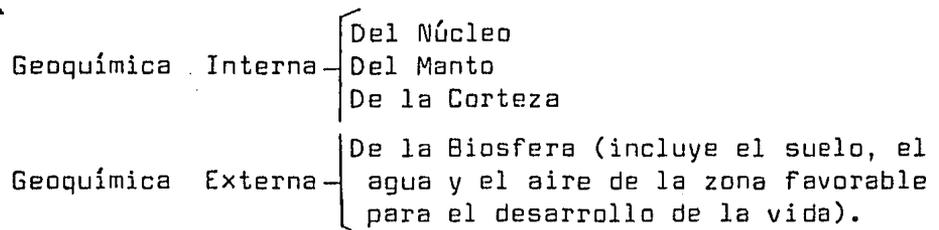
con mayor intensidad en la Tierra son el Sol y la Luna por esta razón su comportamiento es investigado y considerado dentro del campo de estudio de las Ciencias de la Tierra.

NOTA: No debe confundirse Geología Física con Geofísica porque son diferentes sus campos de estudio, así como sus principios y los métodos que aplican.

GEOQUIMICA

Determina la abundancia de los diferentes elementos incluyendo sus variantes isotópicas y los principios que gobiernan su migración y distribución. Son requeridos los valiosos aportes de la química porque es básico el conocimiento del carácter y la configuración electrónica de los átomos de los elementos de la cual depende en gran medida la posibilidad, dificultad o imposibilidad de asociación para la formación de compuestos; también es importante la investigación de esta distribución sumando al ambiente químico, el ambiente físico del sistema.

El campo que abarca la Geoquímica en términos de espacio es muy amplio porque estudia la corteza terrestre, que es el resultado de la diferenciación química de la Tierra como unidad y por tanto también investiga el origen de su estructura interna. Además considera los fenómenos que se desarrollan en la biosfera, incluyendo la parte superficial del suelo, las aguas marítimas y continentales. El vasto campo de la Geoquímica se ha fraccionado en:

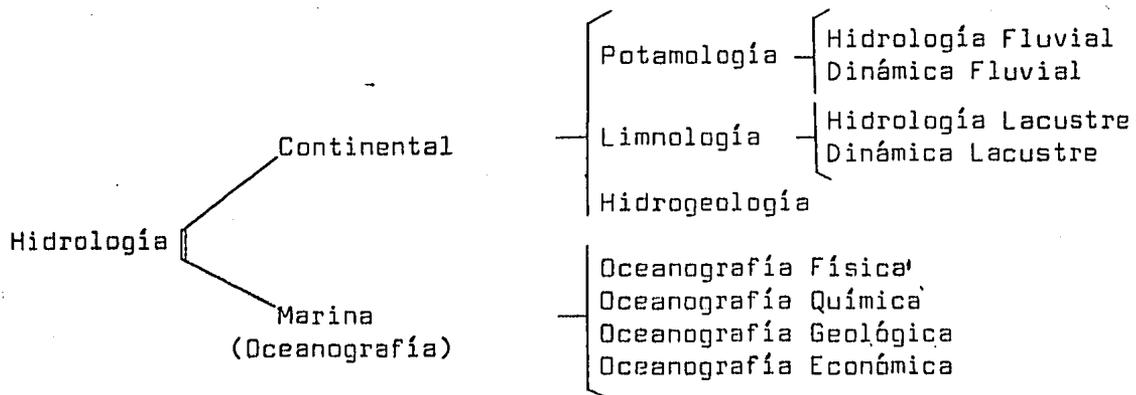


Son esenciales los estudios geoquímicos de los ciclos de los elementos y compuestos en los cuales es de trascendental importancia el flujo de diferentes cantidades de energía, en consecuencia no debemos separar los cambios de energía en el ciclo geoquímico.

HIDROLOGIA

Importante ciencia que estudia las características físicas y químicas de las aguas continentales y marinas, así como su comportamiento.

División de la Hidrología:



NOTAS: La Oceanografía Biológica se conoce como Biología Marina, la Oceanografía Geológica como Geología Marina y en el campo de la Oceanografía Económica destaca la Hidrografía Pesquera. La Oceanografía Biológica es desarrollada por las ciencias biológicas, razón por la que sale del campo fundamental de las Ciencias de la Tierra.

La Hidrología Continental investiga las características presentes de las aguas continentales y que representativamente son las corrientes fluviales (ríos y arroyos), los cuerpos de agua lacustre y las aguas subterráneas. Atendiendo a esta clasificación, las áreas especializadas del conocimiento son:

Potamología. Es la disciplina ocupada de los caudales y regímenes de las corrientes fluviales y de su acción en los lechos, además de la capacidad de transporte de materiales (potencia). Sus aportaciones son susceptibles de aplicación e indispensable para el mejor empleo de los recursos.

Limnología. Analiza los fenómenos relacionados con las aguas lacustres, sus propiedades, su origen y los efectos en los materiales geológicos a consecuencia de su dinamismo; también la optimización económica basada en los principios teóricos respectivos.

Hidrogeología. Participa activamente en el estudio de las aguas subterráneas en cuanto se refiere a su origen, circulación, distribución y extracción para fines de aplicación económica y científica.

La Hidrología Marina u Oceanografía es la ciencia encargada de estudiar y describir los océanos en todos sus aspectos, los que pueden ser resumidos como sigue a continuación:

Aspectos físicos:

- . Propiedades físicas: Temperatura, densidad, presión, calor específico, energía absorbida y procesos físicos.
- . Dinámica de las aguas en función a su naturaleza (movimientos).
- . Relaciones con el aire de la atmósfera.

Aspectos geológicos:

- . Estructuras del relieve submarino: Origen y evolución.
- . Sedimentación.
- . Origen de los océanos.

Aspectos biológicos:

- . Establecimiento de los ciclos biológicos.
- . Clasificación de los organismos de acuerdo a diferentes criterios, por ejemplo profundidad y función ecológica.

Aspectos económicos y técnicos:

- . Determinación de los factores que controlan los fenómenos productivos de diverso carácter: biológicos (organismos), geológicos (rocas consolidadas y materiales sin consolidar), energéticos (aprovechamiento de los movimientos de las masas de agua).
- . Aplicación de los recursos técnicos en la construcción de obras relacionadas con los océanos (puertos, plataformas petroleras, canales, etc.).
- . En general se estudian los procesos de producción y potencialidad de los océanos con sus correspondientes aplicaciones.

Aspectos químicos:

- . Cuantificación de las sustancias inorgánicas y orgánicas del agua (en solución, en forma de iones y gas).
- . Clasificación de dichas sustancias.
- . Distribución y concentración de elementos y compuestos con sus variaciones en tiempo y espacio.
- . Apoya en general la comprensión de la productividad.

METEOROLOGIA

Desde la aparición del hombre en la Tierra, éste ha tenido cercano contacto con la atmósfera y los fenómenos que en ella ocurren, principalmente aquéllos - desarrollados en el aire y por el aire interactuando con la corteza superficial, la hidrosfera continental y la hidrosfera marina.

Estos fenómenos, llamados meteorológicos, sus causas y las leyes que los rigen son el objeto de estudio de la Meteorología. Los aspectos atmosféricos investigados por esta compleja ciencia son:

Aspectos teóricos:

- . Balance energético (comparación de la energía solar absorbida y la energía irradiada por la Tierra).
- . Análisis profundo de los gradientes y variaciones de los parámetros principales que rigen el comportamiento de las partículas y masas de aire atmosféricos (temperatura y presión).
- . Repercusiones de los movimientos de la Tierra en el tiempo meteorológico y el clima (rotación y traslación).
- . Determinación de las leyes que gobiernan la formación y los movimientos - de las masas de aire y sus efectos correspondientes, desarrollando modelos teóricos como la circulación general y local de la atmósfera.

Aspectos de aplicación:

- . Acopio de datos relativos a los estados del tiempo meteorológico para posteriormente analizarlos, interpretarlos y deducir su aplicabilidad en base a las leyes y principios de la Meteorología Teórica. Su función principal es la previsión del tiempo; otras aplicaciones son: la producción de algunos fenómenos como lluvias, la imposibilitación de otros como el - granizo y la destrucción de otros más como los ciclones.

Ya que son tan numerosas las actividades del hombre y como cada vez se internan más en la atmósfera, se van multiplicando sus aplicaciones dentro del - campo de las comunicaciones, los transportes, la economía y de otras ciencias - relacionadas que requieren sus aportaciones, como por ejemplo la climatología. Para todo esto se requieren instrumentos y aparatos, desde muy simples como una veleta que indica la dirección del viento, hasta **satélites artificiales** con fines meteorológicos.

Dado el gran número de aspectos que trata la Meteorología, se ha fraccionado en áreas especializadas.

Disciplinas Meteorológicas				Objeto principal de estudio	
M E T E O R O L O G I A	Teórica	Física	Dinámica	General Regional Local	Vientos y calmas
			Hidrometeorología		Meteoros acuosos (lluvia, nieve, nubes y rocío)
			Fotometeorología		Meteoros ópticos (arco iris)
			Electrometeorología	Meteoros eléctricos (rayos)	
	Aplicada	Sinóptica		Previsión del tiempo meteorológico	
		Agrícola		Producción agrícola	
		Económica	M. Aeronáutica M. Marítima M. Lacustre	Navegación aérea Navegación en los mares Navegación en los grandes lagos.	

Después de haber tratado el campo de estudio de las Ciencias de la Tierra, podemos emitir con mayor seguridad y veracidad una definición como conclusión final de este capítulo:

LAS CIENCIAS DE LA TIERRA SON EL CONJUNTO DE AREAS DEL CONOCIMIENTO APLICADAS A LA COMPRESION DE LOS RASGOS DE LA TIERRA Y DE LOS PROCESOS EXPERIMENTADOS POR LA MATERIA Y LA ENERGIA DE LA MISMA DURANTE LOS DIVERSOS LAPROS Y ESPACIOS DESDE SU ORIGEN, LOS CUALES HAN DETERMINADO SU NATURALEZA Y COMPORTAMIENTO ACTUALES.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones

- A. Termina el cuadro sinóptico de todas las Ciencias de la Tierra que aparece en la siguiente página, con sus áreas especializadas respectivas e incluyendo su objeto de estudio (principales características y procesos), así como algunas ciencias de apoyo.
- B. Redacta tu propio concepto de Ciencias de la Tierra y anótalo en los siguientes renglones:

Física

GEOLOGIA
(Rocas)

Histórica

Aplicada

Interna

GEOFISICA
(Física del
Sistema
Tierra-Luna
Sol y otros
planetas)

Superficial

Externa

GEOQUIMICA
(Composición
del planeta)

Interna

Externa

Continental

HIDROLOGIA
(Agua)

Marina u
Oceanografía

METEOROLOGIA
(Fenómenos
meteorológicos)

Teórica o
Física

Aplicada

7. La Geofísica del Intercambio Energético estudia procesos como: a b c d
o o o o
- a. El ciclo del nitrógeno.
 - b. El ciclo del oxígeno.
 - c. El ciclo del carbono.
 - d. El ciclo hidrológico.
8. La Geoquímica de la Biosfera determina la composición de la región comprendida por: a b c d
o o o o
- a. La superficie terrestre y la baja atmósfera.
 - b. El núcleo, el manto y la corteza.
 - c. La atmósfera y las zonas emergidas.
 - d. Las capas de la corteza terrestre.
9. La Potamología y la Limnología son disciplinas hidrológicas que estudian: a b c d
o o o o
- a. Los movimientos de las aguas marinas.
 - b. Corrientes y depósitos de agua subterránea.
 - c. La composición de las aguas marinas.
 - d. Corrientes y depósitos de aguas superficiales.
10. La Meteorología es de utilidad para: a b c d
o o o o
- a. Detección de yacimientos metalíferos.
 - b. Explotaciones petroleras.
 - c. Prácticas agrícolas.
 - d. Compensación de riesgos sísmicos.

Capítulo 2

GENERALIDADES DEL UNIVERSO

COMPONENTES REPRESENTATIVOS

El Universo ha sido conceptualizado de muy diferentes formas, pero la mayoría de los astrónomos y cosmólogos afirman que es toda la materia y energía existentes, las cuales comprenden los cuerpos celestes o astros, ya sean sólidos o gaseosos, lo que se encuentra en ellos y el espacio que los separa. Los elementos representativos del Universo son las estrellas y la materia interestelar en complejos y armoniosos movimientos.

Las estrellas son astros que generan energía debido a las reacciones termonucleares, que consisten en la transformación de unos elementos en otros con cierta pérdida de masa por su transmutación en diferentes tipos de energía como la luz.

La materia interestelar consiste en polvos y gases cósmicos formados desde el origen del Universo, así como aquéllos producidos mediante procesos astrofísicos, por ejemplo las explosiones de las estrellas. Constituye nebulosas y en menor concentración se encuentra dispersa entre las estrellas y las galaxias.

Hay una constante relación entre la materia interestelar y las estrellas por que éstas se originan a partir de grandes nebulosas que se contraen, cuando son alcanzadas temperaturas de millones de grados Kelvin, en cada nebulosa se originan varias protoestrellas que se transforman en estrellas rojizas de gran tamaño. Sus características cambian en el transcurso de largos lapsos que pueden ser hasta de miles de millones de años debido a la variación de los procesos astrofísicos que experimentan, los cuales dependen principalmente de la cantidad de materia que las componen. Conforme se va transformando el hidrógeno en helio la protoestrella aumenta su brillo y al agotarse el hidrógeno del núcleo en donde cesa la generación de energía, las estrellas adquieren un color más rojizo y un mayor volumen porque las capas externas que todavía son de hidrógeno lo convierten en helio y se expanden; en esta etapa las estrellas son consideradas gigantes rojas. Después el núcleo de éstas incrementa su temperatura a consecuencia de su contracción por falta de presión de radiación que ocasionaba la emisión energética y sólo entonces pueden reiniciarse las reacciones a partir del helio que se convierte en carbono. Si la masa estelar es aproximadamente igual a la del Sol, la estrella será de coloración blanca y de diámetro muy reducido, en cambio, si tiene 1,4 veces ó más la masa solar, puede explotar para dar lugar a una estrella de neutrones rodeada de gas (nebulosa) o a un agujero negro.

Las estrellas de neutrones son diminutos cuerpos de muy alta densidad porque la masa se concentra tanto, que se forman neutrones (partículas atómicas) sin dejar espacios como en la materia ordinaria; es por esto que cada centímetro cúbico

co pesa 100 000 millones de toneladas. Si la masa es mayor al doble de la solar se origina un agujero negro, cuerpo de mayor atracción gravitacional que cualquier otro astro y que por lo tanto, aún la luz es incapaz de huir al espacio y no es posible detectarlo sino como un punto "oscuro" o invisible en la bóveda celeste.

Las galaxias son enormes sistemas formados por estrellas, astros que gravitan en torno a éstas últimas y materia interestelar; cuando decenas, centenas y hasta millares de galaxias se hallan agrupadas y tienen movimientos coordinados entre ellas, se forma un grupo o supergrupo galáctico. El llamado Grupo Local de Galaxias está constituido por 27 galaxias, una de las cuales es de trascendental importancia porque pertenecemos a ella y su nombre es Nuestra Galaxia. Es oportuno aclarar que el nombre de Vía Láctea, tan comúnmente empleado, no es correcto porque en realidad constituye sólo la región ecuatorial de Nuestra Galaxia.

Hasta aquí no se han tratado dimensiones, es decir, tamaños y distancias, - para ello deben emplearse medidas de carácter astronómico como el año luz.

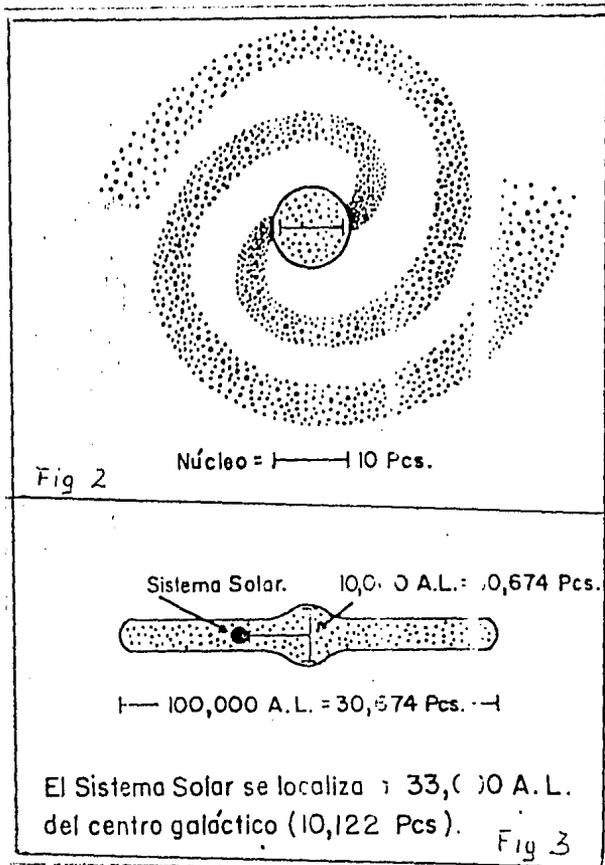
Año luz es la distancia recorrida por la luz a la velocidad de 300 000 km/s en un año. Para obtener su equivalencia en kilómetros, se multiplica el número de segundos que tiene el año por 300 000; el resultado es de $9,46 \times 10^{12}$, o sea, nueve billones cuatrocientos sesenta mil millones de kilómetros, por lo que no se trata de una medida de tiempo sino de distancia. Dada la inmensidad de las galaxias, se emplean años luz y aún medidas mayores como el parsec, cuya equivalencia es de 3,26 años luz.

Ahora podremos apreciar mejor las dimensiones de las galaxias, así como las distancias que las separan. Las galaxias más alejadas de nosotros se encuentran a distancias de miles de millones de años luz, pero las del Grupo Local que junto con otras series de galaxias pertenecen al Cúmulo de Virgo, ocupan una región mayor de 50 millones de años luz. Las tres galaxias más cercanas a la nuestra son: La Gran Nube de Magallanes a 150 000 años luz, la Pequeña Nube de Magallanes a 180 000 años luz y Andrómeda a 2,3 millones de años luz. Las Nubes de Magallanes son galaxias y no nebulosas como sugieren sus nombres, de forma irregular con gran cantidad de materia interestelar y estrellas muy brillantes; son notables por su cercanía y por girar alrededor de Nuestra Galaxia. Andrómeda es de forma espiral con núcleo y brazos, también tiene sus galaxias satélites - pero de forma elíptica.

Las tres formas fundamentales de las galaxias son: Espiral, elíptica e irregular que representan el 82,5%, el 13% y el 2,5% respectivamente de las galaxias observables.

NUESTRA GALAXIA

Las generalidades referentes al Universo vistas con anterioridad son un apoyo para caracterizar Nuestra Galaxia, consideremos su forma y sus dimensiones: Es una espiral con denso núcleo de estrellas y materia interestelar del cual parten dos brazos constituidos también de estrellas, pero con una mayor cantidad de materia interestelar en comparación con el núcleo.



Los astrónomos han estimado que el número de estrellas que conforman Nuestra Galaxia es de 100 000 a 200 000 millones, todas ellas con movimiento en torno al centro galáctico y a variables velocidades. Las estrellas del núcleo giran más lentamente conforme se localizan más cerca del centro y en los brazos ocurre lo contrario porque a mayor distanciamiento se trasladan más despacio; en las inmediaciones del Sol, las estrellas recorren sus órbitas a 220 km/s aproximadamente, tardando más de 200 millones de años en completar una revolución. No debemos descuidar el hecho de que los otros astros tienen movimientos conjugados porque se suman muchos, por ejemplo, el Sol se mueve dentro de Nuestra Galaxia, ésta se mueve en relación a los miembros del Grupo Local de Galaxias y éste en referencia con las demás galaxias del Universo en continua expansión. Acercándonos a las regiones astronómicas del Sistema Solar, éste se localiza a 33 000 años luz del centro galáctico y en el plano ecuatorial.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones

Completa con tus propias palabras las siguientes afirmaciones:

- El Universo es _____
- Los componentes representativos del Universo son _____ y _____
- Las características de las estrellas cambian debido a _____ y _____
- Una estrella adquiere color rojizo cuando _____
- Las estrellas de neutrones se caracterizan por _____
- Se llama Grupo Local de Galaxias a _____
- Las principales características de Nuestra Galaxia son _____

1. Los componentes representativos del Universo son:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Estrellas gigantes rojas y enanas blancas.
 - b. Estrellas de neutrones y agujeros negros.
 - c. Nebulosas brillantes (de gases) y oscuras (de polvo).
 - d. Estrellas y materiales cósmicos interestelares.

2. Las estrellas son astros en constante evolución porque:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Se forman a partir de grandes nubes gaseosas.
 - b. Giran sobre su propio eje.
 - c. Se desplazan dentro de su galaxia.
 - d. Modifican sus características físicas y sus componentes.

3. El Grupo Local es un conjunto de:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Estrellas múltiples (sistema de 3 ó más estrellas).
 - b. Partículas gaseosas y sólidas (nebulosa).
 - c. Galaxias con movimiento armónico (centro de gravedad común).
 - d. Estrellas (cúmulo estelar).

4. Nuestra Galaxia es de forma:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Elíptica (E).
 - b. Irregular (I).
 - c. Espiral normal (Sb).
 - d. Espiral barrada (SBb).

5. Una rotación galáctica dura:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Menos de 200 millones de años.
 - b. Más de 200 millones de años.
 - c. Menos de 100 millones de años.
 - d. Más de 50 millones de años y menos de 100.

6. Las dimensiones de Nuestra Galaxia se indican con:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Kilómetros.
 - b. Múltiplos del kilómetro.
 - c. Medidas astronómicas.
 - d. Unidades astronómicas.

7. El Sistema Solar se localiza en:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. El núcleo de la galaxia.
 - b. Un brazo de la galaxia.
 - c. Un cúmulo estelar del halo galáctico.
 - d. El centro galáctico.

8. Las estrellas giran a diferente velocidad de acuerdo a:
- | | a | b | c | d |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| a. Su color y su temperatura. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| b. Su masa y su volumen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| c. Sus dimensiones y su composición. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| d. Su distancia al centro de la galaxia. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

9. Las estrellas y el material interestelar tienen relación debido a que:
- | | a | b | c | d |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| a. Componen las galaxias. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| b. Se encuentran mezclados. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| c. Ambos se componen de elementos similares. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| d. Unas se originan a expensas del otro y viceversa. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

10. La densidad estelar de Nuestra Galaxia es mayor en:
- | | a | b | c | d |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| a. El centro. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| b. El halo. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| c. El núcleo. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| d. Los brazos. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Capítulo 3

EL SISTEMA SOLAR

El Sistema Solar, concepto muy conocido y tratado en Astronomía y Cosmografía, es el conjunto de cuerpos celestes que gravitan en torno a un **centro de gravedad común** determinado por las masas y distancias de sus componentes, pero principalmente por la gran masa del Sol como astro central.

ORIGEN DEL SISTEMA SOLAR

Son numerosas las hipótesis que han intentado explicar el origen del Sistema Solar y aquéllas que gozan de mayor actualidad y reconocimiento son las hipótesis nebulares, basadas en los conceptos expuestos por E. Kant y Laplace en 1755 y 1796, respectivamente. Ellos consideraron la existencia de una nube primordial de polvo y gas cósmico que se contrajo para formar un cuerpo giratorio y a través de la condensación se formaron finalmente los astros del sistema. Esta concepción ha sido en cierta medida modificada con el nuevo postulado de que la temperatura era menor.

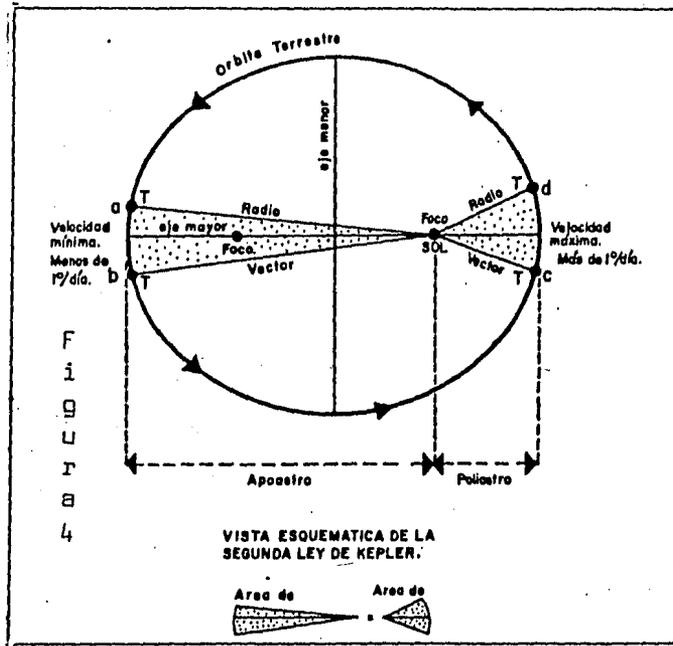
Alrededor de 1944, el astrónomo alemán Weiszäcker y de 1951, el astrónomo estadounidense Kuiper introdujeron nuevos conceptos en la resolución del problema, también Fred Whipple (en 1946) propuso una hipótesis nebular, cuyas versiones fueron ajustadas por el físico C. Urey y que resumiendo son:

*La explosión supernova de una estrella dió lugar a la formación de una nube de gases muy diversos y compuesta mayormente de hidrógeno y helio, con cantidades menores de otros elementos. Conforme perdía masa como efecto de la dispersión iba disminuyendo su temperatura y posteriormente la atracción gravitacional ocasionó la reunión de sus partículas y el incremento de su **velocidad angular** o giro, de manera inversamente proporcional a la magnitud de dicha contracción. El problema que ofrece esta concepción es que el Sol tiene un momento angular reducido y los planetas lo tienen considerablemente grande (principalmente los planetas externos), pero la explicación salvadora es que el momento angular fue transferido hacia afuera por medio de los campos magnéticos actuales. Con el aumento de la contracción y la velocidad de rotación, la nebulosa fue adquiriendo forma esferoidal aplanada con una gran masa central (66% del total nebular). Las partículas de la periferia con aceleración centrípeta igual a la aceleración gravitacional de la masa total nebular tomaron órbitas precisas sobre el plano ecuatorial, quedando atrás del resto de la nebulosa y al comprimirse formaron después los planetas.*

LEYES DE KEPLER

El astrónomo alemán Johannes Kepler (1571-1630) enunció las leyes que llevan su nombre y que explican el movimiento planetario.

La primera ley postula que la órbita de cada planeta es de forma elíptica y que el Sol se localiza en uno de sus focos. A medida que los focos de la elipse se encuentran más cercanos, menor es la excentricidad de la elipse y por tanto - la forma se aproxima a la del círculo.



La segunda ley formula que un planeta se mueve en su órbita en torno al Sol a diferentes velocidades de tal manera que el radio vector de la órbita elíptica recorre — áreas iguales en tiempos iguales.

La velocidad angular ab es menor a 1° por día y la velocidad angular en cd es mayor a 1° por día. La velocidad disminuye — periastro al apoastro y — aumetal del apoastro al periastro. En consecuencia la distancia recorrida sobre la órbita no es igual en ambos casos.

La tercera ley enuncia que para cualquier par de planetas, el cuadrado de — sus períodos de revolución son proporcionales al cubo de sus distancias medias — al Sol, como queda indicado en la fórmula:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

T_1 y T_2 representan los períodos de **revolución** de los dos — planetas en años y R_1 y R_2 sus distancias medias al Sol en unidades astronómicas. Para ejemplificar observaremos el — caso de Júpiter, conociendo el tiempo empleado por la Tierra.

DATOS

$$R_2 = ?$$

$$T_1 = 1 \text{ año (Tierra)}$$

$$T_2 = 11,8 \text{ años (Júpiter)}$$

$$R_1 = 1 \text{ U.A. (Tierra)}$$

DESPEJANDO

$$(T_1)^2 (R_2)^3 = (R_1)^3 (T_2)^2$$

$$(R_2)^3 = \frac{(R_1)^3 (T_2)^2}{(T_1)^2}$$

$$R_2 = \frac{(R_1)^3 (T_2)^2}{(T_1)^2}$$

SUSTITUYENDO

$$R = \frac{(1)^3 (11,8)^2}{(1)^2}$$

$$R = \frac{139,24}{1}$$

RESULTADO

$$R = 5,2 \text{ U.A.}$$

$$R = 777,9 \text{ millones de kilómetros}$$

LEY DE LA GRAVITACION UNIVERSAL

Las leyes de Kepler pueden deducirse de las leyes del movimiento y de la ley de la gravitación universal emitida por Isaac Newton quien las consideró para poder formular su teoría gravitacional que publicó en 1687. Dice así:

La fuerza de atracción entre dos partículas es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que media entre ellas.

Su expresión matemática es:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Donde G es la constante de la gravitación universal, m_1 la masa de una partícula o cuerpo, m_2 la del otro cuerpo y r^2 la distancia al cuadrado.

Los movimientos de los planetas, la Luna y otros astros del Sistema Solar — (cometas por ejemplo), son regidos por sus dimensiones (masa) y las distancias que los separan entre sí y con respecto al Sol cuya influencia es muy grande debido a su gran masa comparativamente con los demás astros. La fórmula que representa la ley de la gravitación universal se puede aplicar directamente en muchos problemas astronómicos porque los cuerpos esféricos se atraen a partir del centro, como si en éste se encontrara toda su masa: Por ejemplo Newton calculó la aceleración de la Luna ocasionada por la fuerza de la Tierra en función a la masa de las dos y de las distancias. También pueden hacerse cálculos de la masa que poseen los cuerpos, tal es el caso de la masa de la Tierra que puede ser calculada conociendo el radio de la Tierra y la aceleración debida a la gravedad en la superficie terrestre, e igualando dos fórmulas.

FORMULAS	DATOS	IGUALACION Y DESPEJE
$F = mg$	$M_T = ?$	$\frac{G m M_T}{(R_T)^2} mg$
$F = \frac{G m M_T}{(R_T)^2}$	$g = 9,80 \text{ m/s}^2$	$M_T = \frac{g(R_T)^2}{G}$
	$R_T = 6\,370 \text{ km}$	
	$R_T = 6,37 \times 10^6$	
	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{kg}^2$	

SUSTITUCION Y RESULTADO

$$M_T = \frac{(9,80 \text{ m/s}^2) (6,37 \times 10^6 \text{ m})^2}{6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

Los astros que revolucionan o se trasladan en torno al Sol son los planetas y sus satélites, los asteroides o planetoides, los meteoritos y los cometas. En el siguiente cuadro se han concentrado algunas de sus características representativas.

ASTRO DEFINICION

OTRAS CARACTERISTICAS

SOL	Estrella de color amarillo que, por su gran masa, es el astro central del Sistema Solar.	Genera $3,98 \times 10^{33}$ erg/s (un ergio es la cantidad de trabajo que realiza la fuerza de una dina en un punto de aplicación que se desplaza en dirección de la fuerza). La Tierra recibe $1,78 \times 10^{21}$ erg/s.
Planetas	Astros de masa muy inferior a la solar de naturaleza sólida o gaseosa que se trasladan en órbitas casi circulares en torno al Sol.	Aparecen en la bóveda celeste como puntos luminosos que se mueven en un fondo de estrellas fijadas debido a su escaso alejamiento, precisamente planeta significa errante.
Satélites	Astros que giran alrededor de los planetas a semejanza de los movimientos planetarios alrededor del Sol.	Variadas dimensiones, composición y otras características de acuerdo a las condiciones de la región a que pertenecen. La Luna es el satélite mayor en comparación con las dimensiones de su planeta.
Asteroides	Pequeños astros sólidos de forma generalmente irregular que gravitan principalmente entre Marte y Júpiter.	Son miles y hasta millones, los mayores tienen diámetros entre 5 y 800 km. Se formaron por la explosión de un planeta por la atracción joviana (de Júpiter).
METEORITOS	Astros sólidos de pocos gramos de peso hasta toneladas, que impactan con otros cuerpos del Sistema Solar.	Llegan a la Tierra más de 14 millones de meteoritos diariamente en forma de granulosos que al entrar en fricción con la atmósfera arden dando lugar a las estrellas fugaces. Pueden ser de origen cometa (pequeños) o asteroidal (mayores).
Cometas	Astros constituidos por un núcleo de bloques y partículas en estado sólido, rodeados de una masa poco densa llamada cabellera y prolongados con una o más colas.	Sus órbitas son elipses muy alargadas o parabólicas, en el primer caso se trata de cometas periódicos y en el segundo, de cometas esporádicos. Por ejemplo el cometa Halley tiene un período de 76 años y su anterior paso por el perihelio fue en 1910 al cual regresará en 1986. Las colas cometarias se forman cuando los astros se encuentran a 2 U.A. del Sol debido a la presión de radiación de nuestra estrella.

LOS PLANETAS

Algunas características distintivas de cada uno de los planetas son:

Mercurio

Planeta más cercano al Sol y el segundo más reducido después de Plutón. Como todos los planetas telúricos es pequeño y sólido a consecuencia de la influencia del Sol en los materiales del protoplaneta del cual se formó. Debido a su escasa masa de cinco centésimos de la terrestre, no es capaz de retener partículas gaseosas y formar su atmósfera; a esto debe un aspecto similar al de la Luna: cubierto por numerosos cráteres de origen meteórico (impactos). También a consecuencia de la falta de una envoltura gaseosa, sus temperaturas son extremosas, de 425°C en el día y de -180°C en la noche. Su movimiento de rotación es lento y el de traslación rápido de 58,7 días y 87,9 días, respectivamente. Al igual que Venus carece de satélites. Es muy difícil su observación por su posición respecto al Sol.

Venus

Astro más brillante del cielo después del Sol y la Luna; es quince veces más brillante que el siguiente cuerpo celeste observable desde la Tierra: Sirio (estrella dos veces mayor que el Sol y 30 veces más luminosa que éste, localizada en la constelación del Can Mayor). Sus dimensiones son muy semejantes a las terrestres, pero difiere en muchos otros rasgos como su densa atmósfera de bióxido de carbono (97%) y las nubes de ácido sulfúrico que permiten un efecto denominado de invernadero consistente en la conservación de la radiación solar recibida, así alcanza temperaturas de 480°C la pedregosa superficie venusina formada de rocas parecidas a las terrestres por su densidad. La órbita que sigue es la más aproximadamente circular del Sistema Solar, es decir, la de menor excentricidad. Además es notable su período de rotación excesivamente lento, de 243 días en sentido retrógrado, mientras que su traslación dura 224,7 días. En Astronomía se llama sentido retrógrado a todo movimiento que se realiza en igual forma que el movimiento de las manecillas del reloj, ya que la mayoría de los cuerpos celestes se mueven en sentido contrario a como lo hacen las manecillas, razón por la cual a éste último se le conoce como sentido directo.

Tierra

Las características y estructura de la Tierra serán tratadas con mayor detalle más adelante.

Marte

Este pequeño planeta que siempre ha intrigado a la humanidad por su coloración rojiza y su escasa distancia con respecto a la Tierra (de 55,8 millones a 101 millones de kilómetros). Dicha coloración se debe a la composición de la superficie cuyas rocas se componen de óxidos de hierro en forma de ferrosilicatos; cuando se desarrollan fuertes vientos se levantan granos finos en la época de mayores temperaturas. Algunos accidentes morfológicos notables son las depresiones y cañones resultantes de cataclismos que han ocasionado fracturamientos, además volcanes apagados como el Monte Olimpo que alcanza una altura de 24 000 metros y un diámetro de 600 kilómetros, considerado el volcán de mayores dimensiones del Sistema Solar. En relación a su atmósfera, ésta permite que en las

regiones polares se formen casquetes, pero no de hielo (agua) como en la Tierra, sino de nieve carbónica que se sublima al aumentar la temperatura y, de acuerdo a las estaciones marcianas de doble duración que las terrestres. A pesar de que Marte es muy reducido, cuenta con dos satélites naturales llamados Fobos y Deimos de forma irregular y tan pequeños que su origen se explica por la captura de cuerpos asteroidales; Fobos mide 27 x 21 x 19 kilómetros y Deimos, 15 x 12 x 11 kilómetros.

Júpiter

El más voluminoso y masivo de los planetas es Júpiter. Su naturaleza cambia profundamente en contraste con los planetas telúricos por dimensiones, composición, estado físico y densidad de sus materiales; el elemento más abundante es el hidrógeno en varios estados físicos: gaseoso en la atmósfera, líquido en las capas externas y sólido en el interior. En la atmósfera también se encuentran presentes el amoníaco y el sulfuro de amonio hidratado formando nubes que giran en torno al planeta en cinturones paralelos al ecuador; entre las nubes emerge una inmensa mancha roja de 40 000 x 13 000 kilómetros originada por una perturbación atmosférica ciclónica. Conforman, junto con 15 satélites, un modelo del Sistema Solar en miniatura; algunos de sus satélites son de menor tamaño y sentido retrógrado lo que indica su probable origen asteroidal. Muy escasa difusión tiene el hecho de la presencia de un sistema anular en el planeta joviano, ya que antes sólo se pudo observar en Saturno y más recientemente en Urano.

Saturno

Planeta un poco menor en diámetro que Júpiter, pero mucho menos denso lo que redundó en una masa bastante menor; sus materiales son gaseosos en su mayoría porque la densidad es de 7 décimos en comparación con el agua. En la atmósfera hay hidrógeno, helio, metano y amoníaco y sus masas nebulares giran en bandas paralelas al ecuador análogamente a como sucede en Júpiter. Los anillos, compuestos por partículas sólidas de 10 centímetros a 10 metros de diámetro, se extienden a muchos millares de kilómetros a partir de Saturno y debido a su escaso espesor, cuando quedan perpendicularmente al observador en la Tierra; desparecen casi por completo. Se han diferenciado varios anillos, pero en realidad son muy numerosos y pueden contarse por decenas con el auxilio de las transmisiones de las sondas interplanetarias que han alcanzado regiones cercanas a éste y a otros planetas exteriores. El número de satélites asciende ya a 17, muchos de ellos se componen de agua congelada y rocas; entre ellos sobresale Titán que es el mayor satélite del Sistema Solar con 5 830 kilómetros de diámetro y el único con atmósfera, similar a la de su astro central.

Urano, Neptuno y Plutón

Se encuentran a miles de millones de kilómetros de la Tierra y por ello resulta muy difícil su observación, pero pueden destacarse algunas de sus peculiaridades.

Urano tiene su eje de rotación tan inclinado, a 98° del plano de la órbita, que su giro parece retrógrado; tiene varios anillos descubiertos durante la ocultación de una estrella detrás de él y tiene 5 satélites. Neptuno ofrece una coloración verdosa a través de instrumentos astronómicos porque es imposible observarle a simple vista ya que es 20 veces menos brillante que una estrella de mínima magnitud aparente; cuenta con dos satélites: Tritón y Nereida.

Estos dos planetas son de tipo joviano, lo cual significa que están -
compuestos eminentemente por materiales fluidos.

Plutón es una incógnita para los astrónomos, pero los últimos datos -
que han aportado son: Un diámetro de 2 400 a 2 900 kilómetros obteni-
do con el auxilio de cálculos relacionados con su satélite Caronte -
distanciado 20 000 kilómetros; anteriormente se le consideraba un diá-
metro de 6 000 kilómetros, o sea, 1 000 kilómetros mayor que el mercu-
rial. Además su órbita es la más excéntrica y en ocasiones se encuen-
tra más cerca del Sol que Neptuno.

En el siguiente cuadro aparecen los diámetros planetarios y la distancia -
media que los separa del Sol.

SOL Y PLANETAS	Diámetro (km)	Distancia al Sol en:	
		Millones de km	U.A.
Sol	1 392 000		
Mercurio	4 750	58	0,3
Venus	12 280	108	0,7
Tierra	12 740	150	1
Marte	6 788	228	1,5
Júpiter	142 700	778	5,2
Saturno	120 800	1 427	9,5
Urano	47 300	2 872	10,1
Neptuno	44 600	4 501	30,1
Plutón	2 400	5 915	39,4

La distancia media entre la Tierra y el Sol, considerando la órbita terres-
tre como un círculo perfecto, equivale a 150 millones de kilómetros aproximada-
mente, cifra que se conoce como unidad astronómica. Para los planetas más cer-
canos que la Tierra en relación al Sol, su distancia es igual a una fracción de
unidad astronómica y para aquéllos alejados, su distancia va de 1,5 a 39,4 U.A.
Esta medida nos da a conocer cuantas veces más cercanos o más alejados se hallan
los planetas en comparación con la distancia Tierra - Sol. Los planetas interio-
res son aquéllos localizados entre el Sol y la faja asteroidal y muestran carac-
terísticas afines de reducidas dimensiones y elevadas densidades en comparación
con los planetas exteriores que son más voluminosos, pero compuestos de materia-
les más ligeros.

PLANETA	Diámetro	Masa	Volumen	Densidad g/cm
TIERRA	1	1	1	5,51
Mercurio	0,3	0,05	0,05	5,46
Venus	0,9	0,8	0,91	5,26
Marte	0,5	0,10	0,15	3,9
F A J A A S T E R O I D A L				
Júpiter	11,2	318,0	1 317	1,31
Saturno	9,0	95,2	762	0,7
Urano	3,7	14,5	51	1,2
Neptuno	3,5	17,2	42	2,25
Plutón	0,47	0,05 ?	?	1,85

Para completar una visión general de los planetas hace falta indicar la duración de sus movimientos de rotación y de traslación. En términos generales, los planetas más alejados del Sol, giran más rápidamente sobre su eje y se desplazan más lentamente por ser menor su velocidad orbital. Además, ésta no permanece — constante pues aumenta cuando el planeta está a distancias menores del Sol, que — cuando se encuentra alejado sobre su propia órbita.

PLANETA	Duración del movimiento de rotación	Duración del movimiento de traslación	Velocidad orbital km/s
Mercurio	58,7 días	87,969 días	47,89
Venus	243 días	224,7 días	35,04
Tierra	23 h 56 min 4 s	365,25 días	29,8
Marte	24 h 37 min 23 s	687,96 días	24,09
Júpiter	En el ecuador: 9 h 50,1 min En otras latitudes: 9 h 55,7 min	11,86 años	13,06
Saturno	En el ecuador: 10 h 14 min En los polos: 10 h 39 min	29 años 167 días	9,6
Urano	10 h 39 min	84 años 7,45 días	6,8
Neptuno	15 h 48 min	164,8 años	5,4
Plutón	9,37 días	247,7 años	4,7

NOTA: Júpiter y Saturno tienen diferente velocidad angular (rotación) porque su material es fluido y gira por bandas. Esto mismo ocurre con el Sol, cuya rotación dura de 25 a 33 días.

EL SOL

El Sol es la estrella en torno a la cual gravitan los demás astros del Sistema Solar y que por su magnitud condiciona sus movimientos e influye, cuando es posible, en otros aspectos como su temperatura, fenómenos luminosos y eléctricos.

Datos Generales del Sol

Radio 685 500 km
 Diámetro verdadero..1 391 000 km
 Diámetro aparente:
 mínimo 31'28"
 máximo 32'32"
 Masa 1,99 x 10²⁷ ton
 Volumen 1 408 x 10¹⁵ km³
 Densidad 1,41
 Velocidad de la rotación sidereal:
 ecuatorial 25,2 días
 a 70 de latitud 32,2 días
 polar 34,0 días
 Color amarillo (G2)

La masa del Sol puede calcularse aplicando las fórmulas de la gravitación universal y del movimiento circular.

Queda:

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$$

Donde R es el radio medio de la órbita de la Tierra, G la constante gravitacional y T el período de revolución terrestre.

Composición del Sol

Por cada millón de átomos de hidrógeno hay:

Helio	.....	63 000 átomos
Oxígeno	.....	690
Carbono	.....	420
Nitrógeno	.....	87
Silicio	.....	45
Magnesio	.....	40
Neón	.....	37
Hierro	.....	32
Azogue	.....	16
Aluminio	.....	3
Calcio	.....	2
Sodio	.....	2
Níquel	.....	2
Argón	.....	1 átomo.

Obtención de la masa del Sol

$$M_s = \frac{4(3,14)^2 (1,5 \times 10^{11} \text{m})^3}{(6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2) (3,15 \times 10^7)^2}$$

$$M_s = 2 \times 10^{30} \text{kg}$$

$$M_s = 2 \times 10^{27} \text{ton}$$

Otra magnitud de gran importancia es la aceleración debida a la gravedad en la superficie del Sol, si aplicamos la fórmula de la gravitación para un peso de un kilogramo de la siguiente manera:

FORMULA

$$g = \frac{G M m}{r^2}$$

DATOS

$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ (constante gravitacional)
 $M = 2 \times 10^{30} \text{kg}$ (masa del Sol)
 $m = 1 \text{kg}$ (masa menor atraída por la fuerza)
 $r = 685,5 \times 10^6 \text{m}$ (distancia al centro del Sol)

SUSTITUCION

$$g_s = \frac{6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2) (2 \times 10^{30} \text{kg}) (1 \text{kg})}{(6,96 \times 10^8 \text{m})^2}$$

$$g_s = \frac{13,34 \times 10^{19}}{48,44 \times 10^{16}}$$

RESULTADO

$$g_s = 274 \text{m/s}^2$$

$$g_s = 27,9 \text{T (Tierra)}$$

Estructura del Sol

La gran masa del Sol formada de plasma, presenta una estructura peculiar de capas y formaciones características en la llamada superficie solar. Dichas envolturas y rasgos son:

Núcleo. Región central del Sol que ocupa el 10% del diámetro solar y que experimenta las reacciones termonucleares en donde es generada su energía; en él la temperatura y la densidad son muy elevadas de 15 ó 20 millones máximo y 240g/cm^3 , respectivamente.

Zona de equilibrio radiactivo. Parte intermedia entre el núcleo y la capa de equilibrio convectivo solar la cual funciona como medio de propagación de la energía producida, proceso que mantiene el equilibrio de la materia del astro impidiendo que se precipite hacia el centro.

Zona de equilibrio convectivo. La energía sigue su camino al exterior mediante el mecanismo de **convección** que consiste en bruscos movimientos del plasma de esta región solar por las elevadas temperaturas, permitiendo que se propague a la periferia.

Este proceso de las corrientes convectivas da lugar a la cromosfera, las manchas solares y las granulaciones.

Fotosfera. Capa de 300 kilómetros de grosor que representa la superficie solar visible desde nuestro planeta y está constituida por formaciones temporales llamadas granos de arroz de reducidas dimensiones: 250 a 1 500 kilómetros de diámetro máximo, ya que son de forma irregular con duraciones de unos cuantos minutos; son producidos por los desplazamientos convectivos de masas que ascienden hacia la superficie; resaltan por ser más brillantes (300°C) que el medio circundante, para luego enfriarse y caer. Son rasgos de esta misma capa las fáculas y las manchas solares. Las primeras son grandes masas gaseosas a elevada temperatura y están constituidas por calcio ionizado, se ha descubierto que están relacionadas con las manchas porque algunas anteceden a su desarrollo. Las manchas son zonas oscuras de la fotosfera que surgen, aumentan de tamaño y desaparecen después de uno ó dos meses; generalmente aparecen dos manchas mayores y numerosas manchas pequeñas en torno a las anteriores, todas en rápido movimiento de cientos de kilómetros por hora. Son características de las zonas de 5° a 40° de latitud y los lapsos de 11,2 años en que experimenta máximos y mínimos de manchas nuestra estrella, equivalen a medio ciclo completo, que por lo tanto es de 22,4 años. Se ha notado otro medio ciclo de mayor número de manchas que dura 40 años y su equivalente con mínima cantidad de manchas que dura otros 40 años.

Las manchas son fenómenos de carácter magnético porque las de mayor tamaño se comportan a semejanza de un imán, ya que entre ellas se forma un campo magnético seis mil veces mayor al terrestre (3 000 gauss), de aquí la deducción de la existencia de intensos campos magnéticos debajo de la fotosfera.

La cromosfera y la corona conforman la atmósfera del Sol.

Cromosfera. Capa de color rojizo de 5 000 a 7 000 kilómetros de grosor con temperaturas de 5 000° a 20 000° K de la cual emergen las protuberancias solares, que son proyecciones de gases a elevada temperatura con variadas formas y de origen magnético.

Corona. Capa tenue de alta temperatura (1 500 000° K) de coloración azulosa resultante de la difracción de los rayos solares procedentes de la fotosfera. Emite flujos de partículas, protones y electrones, que se denominan viento solar. Esta capa es observable únicamente cuando es oscurecido el disco solar durante los eclipses o con un instrumento astronómico (**coronógrafo**). Se caracteriza por que cambia su distribución de acuerdo a la actividad del Sol; no es sencillo establecer sus límites porque se extiende en millones de kilómetros a partir de la cromosfera.

Generación de la energía solar

Debido a su capacidad de producción energética el Sol es una estrella, cuya fuente de energía radica en los procesos termonucleares de su región central, como se aclaró anteriormente. En síntesis, el ciclo que se desarrolla posibilitando la gran emisión de energía consiste en la fusión nuclear de 4 átomos de hidrógeno en uno de helio a través del ciclo de Bethe o ciclo de carbono, el cual comprende una serie de reacciones en las que no solamente participan hidrógeno y helio, sino que actúan otros elementos como agentes o catalizadores. El orden que siguen estas reacciones termonucleares, así como la energía emitida en cada reacción aparecen resumidas en el cuadro de la página siguiente.

Elementos de cada etapa cíclica	Elementos resultantes	Energía emitida en megaelectronvoltios
Un núcleo de carbono 12 y otro de hidrógeno 1	1 átomo de carbono 13	1
Un átomo de carbono 13 y otro de hidrógeno 1	1 átomo de hidrógeno 14	8
Un átomo de nitrógeno 14 y otro de hidrógeno 1	1 átomo de oxígeno 15	7
El átomo de oxígeno 15 se desintegra	1 átomo de nitrógeno 15	1,7
Un átomo de nitrógeno 15 y otro de hidrógeno 1	1 átomo de helio 4 y 1 átomo de carbono 12	5

NOTA: Al final el carbono queda listo para entrar a otro ciclo.

Los cuatro átomos de hidrógeno convertidos en el de helio cuyas masas son de 4,03252 y 4,00389 respectivamente, indican una pérdida de materia por el proceso de transmutación en energía radiante la cual se encuentra mayormente (99%) entre las longitudes de onda del espectro electromagnético de los 2 760 a los 49 600 . Cuantitativamente se ha calculado que el total de la energía solar equivale a $3,98 \times 10^{31}$ erg/seg al ser transformados 570 millones de toneladas de hidrógeno en 566 millones de toneladas de helio, cantidad acorde con la fórmula:

$$E = mc^2 \quad \text{Energía igual a masa por la velocidad de la luz al cuadrado}$$

Evolución del Sol

Actualmente el Sol transforma hidrógeno en helio en su núcleo, pero conforme pasen millones y aún miles de millones de años, irá cambiando su comportamiento y sus características astrofísicas. En esta etapa se va formando un núcleo de helio y cuando se componga completamente de helio se suspenderán las reacciones termonucleares y se iniciará un proceso de enfriamiento sin poder reemplazarse el flujo de calor anterior. Por tal razón se hará insuficiente la presión que mantiene las demás envolturas en el exterior y el núcleo presentará una contracción gravitacional que a su vez proporcionará un incremento térmico, tan grande que sobrepasará sus temperaturas anteriores del núcleo y las regiones circundantes, generando nuevas reacciones a mayor escala. La energía resultante provocará la expansión del exterior solar e incrementará su luminosidad total.

En esta etapa en que el Sol desarrolla el ciclo de Bethe en su núcleo, ha permanecido y permanecerá miles de millones de años, al agotarse el hidrógeno central se expandirá posiblemente hasta la órbita de Mercurio en forma de estrella gigante roja, en este lapso perderá una parte considerable de su masa (principalmente carbono) que escapará de las fuerzas de gravedad y constituirá granos de polvo. Las siguientes etapas serán mucho más rápidas como la correspondiente a transmutación de tres átomos de helio en uno de carbono (proceso triple alfa) que ocasionará la expansión del núcleo y la contracción de sus capas exteriores para disminuir su brillo y su tamaño.

Influencia del Sol sobre la Tierra

La Tierra recibe una cantidad de energía proveniente del Sol que, medida por centímetro cuadrado de superficie durante cada minuto, equivale a $1,94 \pm 0,03$ calorías ó $135,3 \pm 2,0$ miliwatts con variaciones de $\pm 3.5\%$ dependiendo de la distancia que nos separe. A partir de estos datos se pueden calcular algunos parámetros solares tales como su temperatura superficial y la magnitud aparente y absoluta que son: $5\ 762^\circ\text{K}$, $-26,82$ y $+4,75$ respectivamente.

La energía que promueve el desarrollo de los seres vivos tiene su origen en el Sol porque los procesos y las actividades de ellos la aprovechan directa o indirectamente. Por ejemplo las plantas pueden realizar la fotosíntesis, alimentan a otros organismos y forman yacimientos de combustibles como el carbón y el petróleo; genera fenómenos meteorológicos permitiendo la producción de energía hidroeléctrica.

La atracción gravitacional también participa en la formación de las mareas terrestres y el viento solar ocasiona fenómenos electromagnéticos en las partes altas de la atmósfera.

Como ha podido advertirse, el Sol incluye en la Tierra como astro pues condiciona en gran medida sus movimientos, en sus materiales externos (gases de la atmósfera, agua de la hidrosfera, rocas de la litosfera) y en los seres vivos, incluyendo al hombre.

LA LUNA

La Luna que es un satélite natural resulta notable en el Sistema Solar por sus dimensiones en contraste con las del cuerpo central o planeta (Tierra) y en realidad ambos se comportan como un sistema doble que interactúa constantemente.

Mediante numerosas observaciones auxiliadas por los instrumentos astronómicos y las ciencias del espacio, podemos conocer diversas magnitudes tanto escalares como vectoriales de la Luna y otros valores numéricos como:

Datos generales

Radio	. . . . .	1 739 km
Masa	. . . . .	7×10^{22} kg
Volumen	. . . . .	0,012 T (Tierra = 1)
	. . . . .	$21,66 \times 10^9$ km
	. . . . .	0,0203 T
Superficie	. . . . .	$11,05 \times 10^6$ km ²
	. . . . .	0,074 T
Densidad	. . . . .	$3,34\text{ g/cm}^3$ (agua = 1)
	. . . . .	0,606 T
Velocidad de escape	. . . . .	2,38 km/s
Distancia de la Tierra:		
Media	. . . . .	384 405 km
Máxima	. . . . .	406 700 km
Mínima	. . . . .	356 400 km

Otra magnitud lunar importante es la aceleración debida a la gravedad en la superficie porque de ella dependen algunos rasgos notables como la ausencia de atmósfera permanente, así como algunas condiciones de las estructuras del relieve lunar.

A pesar de que la masa lunar es bastante menor que la terrestre, la fuerza de gravedad en su superficie es tan solo de $1/6$ debido a su pequeño radio.

Calculemos su valor en m/s en el desarrollo de la siguiente página análogamente al procedimiento empleado con el problema del Sol, para una masa igual a un kilogramo.

=====

Desarrollo del problema para obtener la aceleración debida a la gravedad en la superficie lunar

=====

FORMULA

$$g_L = \frac{GMm}{r^2}$$

SUSTITUCION

$$g_L = \frac{(6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm /kg}) (7 \times 10^{22} \text{ kg}) (1 \text{ kg})}{(1,739 \times 10^6 \text{ m})^2}$$

DATOS

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

$$M = 7 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$r = 1,739 \times 10^6 \text{ m}$$

$$g_L = \frac{46,69 \times 10^{11}}{3,02 \times 10^{12}}$$

RESULTADO

$$g_L = 1,546 \text{ m/s}^2 = 154 \text{ cm/s}^2$$

=====

Como dato curioso podemos mencionar que al ser tan reducida la gravedad lunar, si se formara una montaña del mismo material que otra en la Tierra, podría elevarse s e i s veces más.

El relieve lunar

La Luna tiene una corteza sólida aproximadamente de 50 km de espesor, un manto de 989 km y un núcleo de 700 km, estructura que ha influido en el relieve lunar simultáneamente con agentes de carácter cósmico (meteoritos). Estos datos se han obtenido con medios instrumentales como los sismógrafos instalados en la superficie del satélite. La corteza lunar superficial presenta decenas de estratos de variable grosor, muy delgados para materiales granulares y muy espesos hacia el interior.

Las rocas lunares se componen de minerales similares a los terrestres, pero con mayor abundancia de algunos elementos (Fe, Mg y Ti) y relativa escasez de silice, información de gran utilidad para comprender mejor el origen de la Luna y de la Tierra; algunas muestras indican una antigüedad de $4\ 600 \times 10$ años que por tanto son anteriores a las rocas más antiguas de la Tierra encontradas hasta ahora.

Las formas características del relieve lunar son:

Cráteres meteóricos. Depresiones que resultan del impacto de los meteoritos. La Luna tiene más de 30 000 cráteres con un diámetro de 2 hasta 230 km, los cuales se pueden apreciar fotográficamente. Hay muchos más de menores dimensiones que aparecen como puntos en las fotografías. El 99% de los cráteres lunares es de origen meteórico, sin embargo hay algunos cráteres volcánicos que dejaron fluir lava probablemente después de fuertes impactos meteóricos, lava que formó las llanuras del astro.

Mares. Llanuras oscuras debido a su naturaleza basáltica que sugerían mares a los astrónomos de hace tres siglos. Por ejemplo el Mar de los Vapores, el Mar de Humboldt, el Mar de la Tranquilidad y el Mar de la Crisis.

Circos. Prominencias rodeadas por una región con forma de anillo, generalmente plana y que se localiza pro debajo del relieve circundante. Su formación se debe al impacto de asteroides cuya energía cinética logró fundir los materiales impactados que posteriormente se solidificaron. Hay circos de centenares de kilómetros de diámetros. Son ejemplos los circos Newton, Arquímedes, Kepler y Copérnico.

Sistemas montañosos. Conjuntos de montañas que llegan hasta los 7 000 metros de altura. Comparativamente con el tamaño de la Luna, hay montañas lunares más elevadas que las montañas terrestres. Son algunos ejemplos los Montes Hercinianos, Rook y Altai.

Sistemas de fracturas. Profundas grietas de forma recta o sinuosa que pueden tener cientos de kilómetros de longitud.

Atmósfera lunar

La ausencia de atmósfera debida a su reducida masa, hace de la Luna un astro afectado por los meteoritos, las radiaciones solares en todas sus gamas de longitudes de onda y los rayos cósmicos. Es así como las temperaturas no se equilibran alcanzando valores extremos de 100°C a 150°C .

Magnetismo lunar

Difiere del magnetismo terrestre porque se debe a la remanencia magnética de rocas distribuidas irregularmente lo que ocasiona la ausencia de un campo magnético general con sus líneas de fuerza orientadas de polo a polo. Esta característica impide el uso de la brújula porque son locales los campos y su intensidad va de las 6 a las 313 gammas en contraste con la Tierra cuyo campo tiene un rango de 40 000 gammas, éstas son unidades de magnetismo, cada una de las cuales equivale a 1/100 000 de un gauss, éste también es una medida de intensidad del campo magnético. La causa de estos campos se debe a masas de roca magnética que se localizan a los 200 km de profundidad aproximadamente.

Movimientos lunares

No es sencillo describir "todos" los movimientos de la Luna y sus variaciones porque dependen de numerosas condiciones astronómicas, por ejemplo las distancias variables Tierra - Luna - Sol, también con respecto a Venus, a Júpiter y a otros astros. Por estas razones y por otros cientos de factores, la Luna presenta muchas perturbaciones orbitales.

Sus principales movimientos con sus respectivas duraciones son:

Revolución sideral 27 días 7 horas 43 minutos 11 segundos
(Con respecto a una estrella fija)

Revolución sinódica o lunación 29 días 12 horas 44 minutos 2,9 segundos
(Con respecto al Sol)

Rotación = Revolución

El hecho de que su movimiento de rotación y traslación sean de igual duración, ocasiona que desde la Tierra sea visible exclusivamente uno de sus dos hemisferios, acontecimiento debido a que la masa lunar está distribuida irregularmente en ambos hemisferios y aquél que encara hacia la Tierra tiene un radio menor que el hemisferio oculto. Efectivamente puede observarse desde la Tierra un 59% de la superficie lunar a consecuencia de las diferentes ubicaciones de la Luna con respecto a la Tierra.

Otros fenómenos implicados con las diferentes posiciones lunares son sus fases, eclipses y mareas; todas éstas guardan estrecha relación con el Sol.

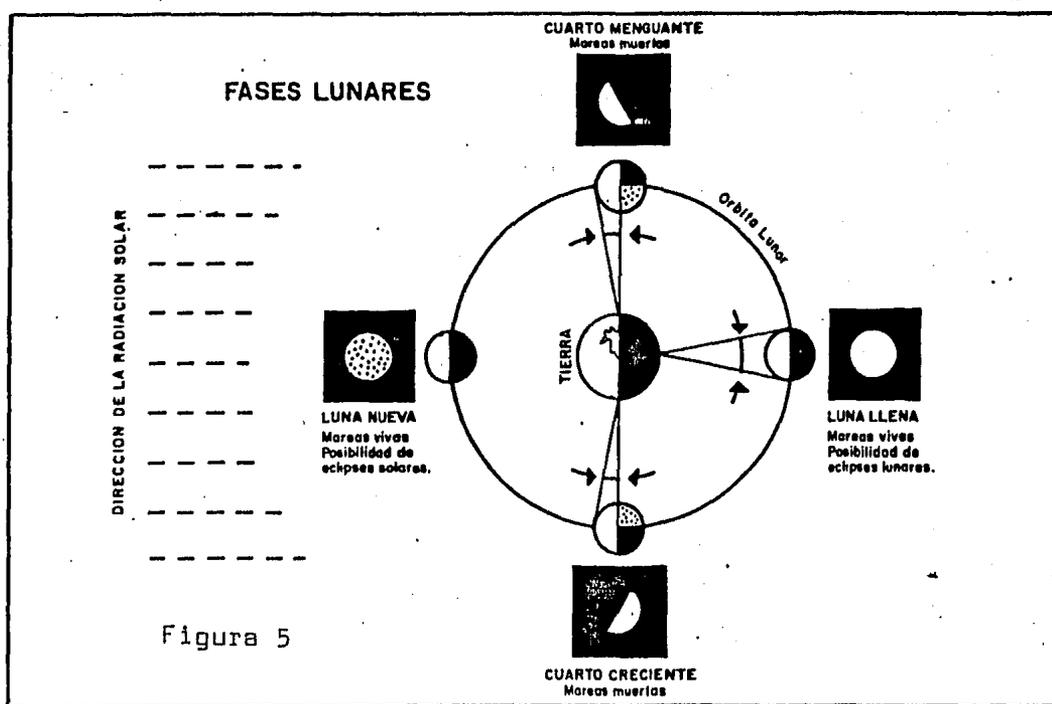
Fases lunares

Son los diferentes aspectos que nos ofrece la luna en función a su iluminación observable desde la Tierra. Recordando los nombres de las fases tenemos: Luna nueva, cuarto creciente, Luna llena y cuarto menguante.

- En la fase de Luna nueva no se ve el satélite porque el hemisferio orientado a la Tierra no está iluminado.
- En la fase de cuarto creciente se observa la mitad del hemisferio lunar.
- La fase de Luna llena puede ser observado todo el hemisferio iluminado.
- El cuarto menguante es alcanzado cuando nuevamente se observa la mitad de un hemisferio y que disminuye gradualmente hasta el siguiente ciclo de lunación después de 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2,9 segundos.

En la Tierra se ha identificado el horario de la Luna de acuerdo a sus diferentes fases.

F A S E	H O R A	Salida y puesta
Luna nueva		Coincide su salida y ocultación con las del Sol.
Cuarto creciente		Sale al mediodía y se pone a media noche aproximadamente.
Luna llena		Sale hacia las 18 horas y se pone a las 6 horas — del día posterior.
Cuarto Menguante		Sale hacia la medianoche y se pone al mediodía.



Eclipses de Luna y de Sol

Los eclipses son fenómenos astronómicos efectuados por la interposición de un astro entre otros dos, en uno de los cuales se encuentra el observador.

En el caso de la Luna, ésta puede ser eclipsada cuando el cono de sombra de la Tierra la alcanza parcialmente o la incluye en forma total, una condición necesaria para su realización es que la Tierra se encuentre en posición intermedia entre el Sol y el satélite, es decir, cuando la Luna se encuentra en fase llena.

Otra condición indispensable para la realización de los eclipses es que los tres astros se encuentren alineados lo más cercanamente posible sobre el plano de la eclíptica (plano en el que la Tierra gira en torno al Sol).

Los eclipses solares son más complejos en su desarrollo general que los lunares porque la trayectoria de la sombra del satélite proyectada sobre la Tierra, traza una línea curva que se dirige de oeste a este de acuerdo a la rotación terrestre.

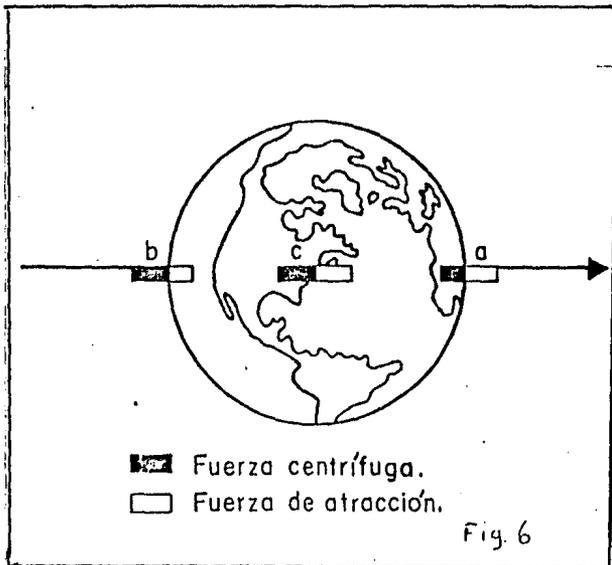
Características	ECLIPSES LUNARES	ECLIPSES SOLARES
Observables desde:	Todo un hemisferio en la Tierra.	Una pequeña región terrestre de forma circular o elipsoidal.
Duración:	Más de 3 horas.	Unos pocos minutos (de 8 a 12') si es total o anular y 4 horas si es parcial.
Periodicidad	De 2 a 5 en un mismo año 28 eclipses durante 18 años con 11 días (período Saros).	De 2 a 5 en un mismo año 43 eclipses durante 18 años con 11 días.

Mareas luni-solares

Para entender el mecanismo de las mareas ocasionadas en la Tierra por las atracciones luni-solares, se requieren algunas explicaciones previas acerca de las diferentes fuerzas interactuantes en el planeta como la **fuerza centrífuga** y la atracción gravitacional de la Luna y el Sol.

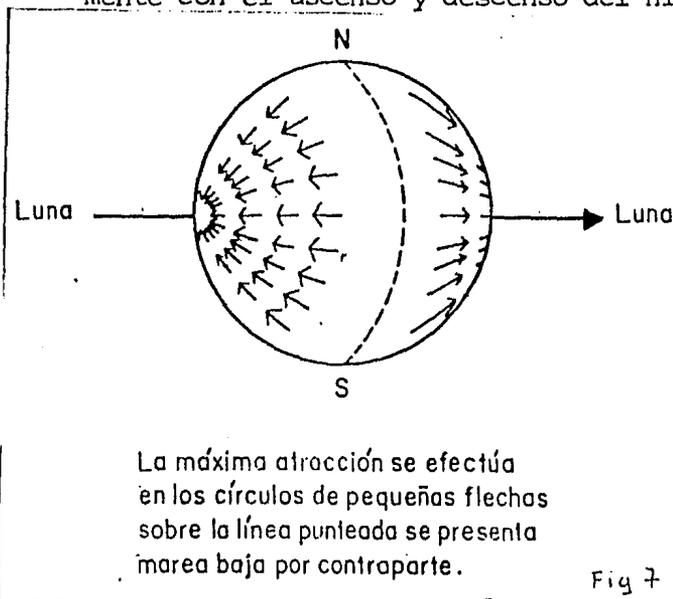
Sabemos que la Tierra y la Luna forman un sistema dinámico que revoluciona en torno a un centro de gravedad común, equilibrándose exactamente las fuerzas de atracción entre ellas solamente en dos puntos: el centro de la Tierra y el centro de la Luna. En todos los demás puntos las fuerzas no se equilibran, lo cual se debe a que para una misma masa, por ejemplo de un kilogramo, en dos puntos diferentes de la superficie terrestre la fuerza centrífuga y la atracción gravitacional varían a consecuencia de su distancia y posición con respecto a la Luna.

En las siguientes figuras se ha esquematizado el mecanismo promotor de las mareas, en función a las fuerzas de atracción y a la fuerza centrífuga.



En C la fuerza centrífuga resultante de la revolución del sistema Tierra-Luna es exactamente igual y opuesta a la fuerza ejercida por la Luna, por ello no hay tendencia al movimiento. En otro punto (a) la fuerza de atracción es mayor que en C porque la distancia a la Luna es más corta y por tanto el kilogramo de masa del ejemplo tiende a moverse hacia la Luna ya que la fuerza centrífuga permanece constante. En el punto (b) la atracción gravitacional es menor que en (a) y en C y por ello la diferencia entre esta fuerza y la centrífuga (menor que la de atracción), da lugar a que la tendencia del movimiento sea en sentido contrario al centro de la Tierra.

Por los fundamentos expuestos en los párrafos anteriores, los materiales terrestres gaseosos de la atmósfera, líquidos de la hidrosfera y sólidos de la litosfera experimentan diferencias de distribución, hecho que se advierte claramente con el ascenso y descenso del nivel de las aguas oceánicas.



En esta figura las flechas son representaciones de las fuerzas de marea en actuación horizontal (tangente a la Tierra) o fuerzas de atracción que ocasionan el movimiento de las aguas oceánicas. En el hemisferio terrestre contrario a la Luna, las mareas son menos altas por encontrarse a mayor distancia, hecho que explica la ley de la gravitación universal.

La magnitud de las mareas presenta notables diferencias entre unos puntos y otros de los materiales terrestres, para el caso de las aguas oceánicas intervienen variables tales como:

Variables que condicionan las mareas oceánicas

GEOMORFOLÓGICOS

Distribución del manto acuoso en relación con zonas emergidas, incluyendo la forma de las cuencas oceánicas y las profundidades regionales y locales.

ASTRONÓMICOS

Distancias particulares entre cada punto geográfico y los astros que ocasionan las mareas por atracción gravitacional. Dirección del movimiento de rotación de la Tierra.

ATMOSFÉRICOS

Fenómenos meteorológicos como los vientos y cambios barométricos de la atmósfera.

Sin embargo, resalta la influencia de las posiciones Tierra-Luna-Sol en la tipificación de los movimientos de marea. Si los tres astros se encuentran en lí—nea recta, los ascensos serán mayores al sumarse la atracción lunar y solar. Debido a la gran distancia que nos separa del Sol, éste ejerce una fuerza equivalente a 5/11 en comparación con la fuerza lunar, es decir, la Luna ejerce 2,17 veces la fuerza solar. Las mareas ocurridas en estas condiciones de alineación astronó—mica (fases Luna nueva y Luna llena) son denominadas vivas o de sicigias, en cambio se llamarán muertas o de cuadratura cuando los tres astros forman ángulo rec—to (fases cuarto creciente y cuarto menguante) porque el ascenso es menor en con—traste con las vivas al contrarrestarse la fuerza del Sol y de la Luna.

La frecuencia de los diferentes tipos de marea para un mismo sitio de la su—perficie terrestre es muy variable, pero en condiciones normales, se presentan en promedio dos mareas altas y dos bajas diariamente, las cuales serán vivas o muer—tas de acuerdo a la fase lunar correspondiente.

El instrumento empleado para medir y registrar las diferentes alturas del ni—vel del mar es el marógrafo, cuyo mecanismo básico puede ser de flotación o de —presión. En el primero el flotador está conectado a un cable con contrapeso y a una polea que accionan el mecanismo de registro y el segundo consiste en una cáma—ra llena de aire, la cual se comprime con los aumentos de nivel del agua que oca—sionan incrementos de presión.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones

- A. Concentra los principales datos relativos a los planetas del Sistema Solar pa—ra que posteriormente resuelvas el cuestionario correspondiente.

Planeta	Diámetro	Densidad	Distancia al Sol	Duración de la Rotación y Traslación	Veloci- dad or- bital	Otros rasgos
MERCURIO						
VENUS						
TIERRA						
MARTE						
JUPITER						
SATURNO						
URANO						
NEPTUNO						
PLUTON						

B. Responde las siguientes preguntas en base al análisis de los datos concentrados en el cuadro anterior.

a) ¿Cuáles son los planetas de tipo terrestre y por qué se consideran afines?

b) ¿Cuáles son los planetas jovianos y por qué están tipificados?

c) ¿Cuáles son las razones que determinan una larga duración del movimiento de traslación (revolución) de los planetas exteriores?

d) ¿Cuáles son los planetas con mayor momento angular (mayor velocidad de rotación) y cuáles los de menor?

e) ¿Por qué la Tierra es un planeta?

C. Redacta con tus propios términos la utilidad de la información obtenida sobre los astros del Sistema Solar, principalmente de los demás planetas y los meteoritos, en el campo de las Ciencias de la Tierra.

D. Determina la gravedad superficial de los demás planetas del Sistema Solar. Los datos necesarios son el radio de cada astro y su masa, el valor del radio aparece multiplicado por dos (diámetro) y por lo tanto puede obtenerse dividiendo entre dos. La masa debe ser transformada a kilogramos conocido el dato de la masa terrestre que equivale a $5,97 \times 10^{24}$ kg, por medio de una operación de regla de tres simple para cada caso o planeta.

Ejemplo Tierra 1 - $5,97 \times 10^{24}$ kg

Mercurio 0,055 - x (kg)

Regla de tres

$$\text{Masa } M = \frac{(5,97 \times 10^{24}) (0,055)}{1}$$

$$\text{Masa } M = 33 \times 10^{22} \text{ kg}$$

PLANETA	RADIO	MASA T = 1	GRAVEDAD SUPERFICIAL
Mercurio	_____ km	0,055 = 33×10^{22} kg	_____ m/s ²
Venus	_____ km	0,815 = _____ kg	_____ m/s ²
Tierra	_____ km	1,0 = $5,97 \times 10^{24}$ kg	9,81 m/s ²
Marte	_____ km	0,017 = _____ kg	_____ m/s ²
Júpiter	_____ km	317,8 = _____ kg	_____ m/s ²
Saturno	_____ km	95,1 = _____ kg	_____ m/s ²
Urano	_____ km	14,5 = _____ kg	_____ m/s ²
Neptuno	_____ km	17,2 = _____ kg	_____ m/s ²
Plutón	_____ km	0,110 = _____ kg	_____ m/s ²

E. Resume en tu cuaderno la influencia que ejercen el Sol y la Luna sobre la Tierra.

1. El centro de gravedad común del Sistema Solar se encuentra:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Entre el Sol y la Tierra.
 - b. Dentro de la Tierra.
 - c. Dentro del Sol.
 - d. Entre el Sol y Júpiter.

2. El origen del Sistema Solar se explica mediante:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Un proceso evolutivo experimentado por la galaxia.
 - b. Un proceso evolutivo experimentado por una nebulosa.
 - c. Un acontecimiento catastrófico entre estrellas.
 - d. Un conjunto de choques y explosiones.

3. Las leyes de Kepler fundamentan:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Los movimientos lunares.
 - b. Los movimientos planetarios.
 - c. Los movimientos de los meteoritos.
 - d. Los movimientos solares.

4. La primera ley de Kepler explica:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. La forma de las órbitas planetarias.
 - b. La forma de los astros del Sistema Solar.
 - c. El tiempo de rotación de los planetas.
 - d. El tiempo de revolución de los planetas.

5. La ley de la gravitación universal fundamenta:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Las velocidades angulares de los astros.
 - b. La deformación de los astros.
 - c. La duración de los movimientos de los astros.
 - d. Las fuerzas de atracción entre los astros.

6. Los datos requeridos para obtener la masa de la Tierra son:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Volumen y diámetro de la Tierra.
 - b. Aceleración debida a la gravedad, constante gravitacional y radio de la Tierra.
 - c. Densidad de los materiales terrestres, radio y superficie.
 - d. Velocidad de rotación de la Tierra y distancia a la Luna.

7. Planeta caracterizado por la elevada temperatura superficial ocasionada por su composición atmosférica: a b c d
o o o o
- a. Mercurio.
b. Venus.
c. Marte.
d. Júpiter.
8. Planeta más voluminoso y masivo del Sistema Solar: a b c d
o o o o
- a. Júpiter.
b. Saturno.
c. Urano.
d. Neptuno.
9. Planetas que presentan estructura anular: a b c d
o o o o
- a. Saturno, Júpiter y Urano.
b. Saturno, Urano y Neptuno.
c. Saturno, Urano y Plutón.
d. Saturno y Urano.
10. Astro cuya densidad promedio tiene un valor menor a la unidad, es decir, menor a la del agua: a b c d
o o o o
- a. Júpiter.
b. Saturno.
c. Urano.
d. Neptuno.
11. Los planetas que avanzan más lentamente sobre su órbita en torno al centro de gravedad común con el Sol son los: a b c d
o o o o
- a. Más densos.
b. Más alejados del Sol.
c. Menos voluminosos.
d. Menos alejados del Sol.
12. El Sol está compuesto por: a b c d
o o o o
- a. Sólidos.
b. Gases.
c. Plasma.
d. Líquido.
13. El Sol genera energía debido a: a b c d
o o o o
- a. Su color y dimensión.
b. Su ubicación en la galaxia.
c. Su temperatura y su composición.
d. Su volumen y su velocidad.

Capítulo 4

CARACTERISTICAS GEODESICAS Y ASTRONOMICAS DE LA TIERRA

FORMA Y PARAMETROS DE LA TIERRA

Forma

Desde siglos atrás la idea de una forma esférica para la Tierra predominaba entre los griegos, quienes además hicieron esfuerzos para obtener algunas de sus dimensiones. Tiempo después en la etapa del obscurantismo correspondiente a la Edad Media, hubo regresión en lugar de un desarrollo del conocimiento en general y también en los aspectos geográficos y astronómicos. En el Renacimiento da un giro completo la trayectoria de las ciencias y para el siglo XVII la Geodesia es impulsada de manera notable con varias contribuciones como el telescopio, las tablas logarítmicas y el método de triangulación.

Particularmente la Geodesia Física se encarga de establecer la forma de la Tierra, tarea poco sencilla por la razón de su irregularidad y por su originalidad en el Universo entero. En nuestros días se emplean métodos gravimétricos - aplicados con fines geodésicos, los cuales fueron iniciados desde mediados del siglo pasado.

La concepción actual de la forma de la Tierra ha variado notablemente conforme se han incrementado los datos de gravedad.

El término empleado para denominar la forma del planeta es el de Geoide, cuya definición es "superficie con igual potencial de gravedad en cualquiera de sus puntos y a la que la dirección de la gravedad es siempre perpendicular". Se parte de un elipsoide como forma referencial en base al cual se determinan las ondulaciones geoidales, puesto que no coinciden con la línea elipsoidal; para esto se consideran fundamentalmente las anomalías de la gravedad que resultan de restar el valor real observado en cada punto menos el valor calculado por medio de la fórmula para obtener la gravedad. Las diferencias encontradas o anomalías de la gravedad son ocasionadas por la distribución irregular interna o externa de las masas a nivel local o regional.

Los registros gravimétricos se realizan tanto en puntos localizados en tierra emergida, como en la atmósfera (desde aviones y satélites) y en el mar (barcos). Las mediciones de la gravedad efectuados son absolutas y relativas, las primeras constituyen la magnitud total y las segundas representan las variaciones de intensidad entre diferentes puntos.

Para estos efectos se emplean los instrumentos conocidos como gravímetros de muelle y de torsión, que con un determinado alargamiento o ángulo de la torsión respectivamente, indican la intensidad. Otro tipo de gravímetro es el de péndulo que oscila en variables períodos de acuerdo a la intensidad medida en diferentes puntos elegidos.

Un método relativamente reciente aplicado a partir de la era espacial, se vale de la información derivada de las órbitas satelitares que con sus deformaciones indican las irregularidades del planeta. Por ejemplo, en América del Norte se han cartografiado isolíneas que se forman por puntos de igual valor en metros, ya sea por encima de la línea elipsoidal (hasta 20 metros) o por debajo de ella (hasta 25 metros) y en América del Sur predominan valores mayores hasta 260 metros sobre la elipse referencial.

También el aplastamiento terrestre ha sido calculado y resulta tener una razón de 1/297 (relación entre el eje mayor y el menor de la figura geométrica perfecta escogida que es una elipse).

Las causas de la forma de la Tierra y principalmente del achatamiento polar y del ensanchamiento ecuatorial, tuvieron lugar hace miles de millones de años - cuando los materiales fluidos estuvieron sometidos a la fuerza centrífuga resultante de la rotación y de la fuerza de gravedad, adquiriendo esa distribución.

La principal consecuencia de la forma sensiblemente esférica del planeta, es la irregular distribución de la radiación solar en función a la posición latitudinal de cada punto o zona. En el ecuador los rayos solares inciden verticalmente y a mayores latitudes llegan más inclinados, tendiendo a la horizontalidad en las zonas polares. Esto da lugar a que para una misma superficie en latitudes bajas, exista una intensidad de iluminación mayor que en altas y medias latitudes formándose cinturones paralelos de similares temperaturas denominados zonas térmicas.

Parámetros

La Geodesia, en base a mediciones topográficas, de gravedad y satelitares obtiene numerosos y variados datos para determinar dimensiones totales o parciales de la Tierra. Los principales valores de los elementos del planeta son:

Radio	Medio	.....	6 371	km
	Ecuatorial	.....	6 378,4	km
	Polar	.....	6 356,9	km
Perímetro	Ecuatorial	.....	40 075	km
	Polar	.....	40 009	km
Superficie total	.....		510,1	millones de km ²
Masa	.....		5,975 x 10 ²⁴	kg
Volumen	.....		1,083 x 10 ¹²	km

Para obtener el parámetro de superficie terrestre se aplica la fórmula:

$$S_T = 4\pi r^2 \quad \text{donde } \pi \text{ es igual a } 3,1416 \text{ y } r \text{ es igual a } 6\,371 \text{ km}$$

$$\text{Sustituyendo queda: } S_T = 4(3,1416)(6\,371)^2$$

Resultando que la superficie terrestre es igual a: $510 \times 10^6 \text{ km}^2$

NOTA: El radio medio terrestre no corresponde a un punto determinado de la Tierra, es el radio de una figura geométrica perfectamente esférica que en teoría se le da al planeta.

Si queremos calcular el volumen de la Tierra, entonces empleamos la fórmula:

$$V_T = 4/3 \pi r^3$$

DATOS	SUSTITUCION	RESULTADO
$V_T = ?$	$V_T = 4/3(3,1416)(6\ 371)^3$	
$\pi = 3,1416$	$V_T = 4,19 \times 2\ 585\ 966\ 028$	$V_T = 1,086 \times 10^{12}$
$r = 6\ 371\ \text{km}$	$V_T = 1\ 086 \times 10^9\ \text{km}^3$	

Otro parámetro de gran trascendencia en la realización de diversos fenómenos y que debemos considerar para comprenderlos, es la aceleración debida a la gravedad. Con anterioridad se obtuvo este dato de otros astros (el Sol y la Luna), - hagámoslo con la Tierra para una masa de un kilogramo.

FORMULA	SUSTITUCION
$g = \frac{Mm}{r^2}$	$g = \frac{(6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2)(59,7 \times 10^{23} \text{kg})}{(6\ 371\ 000\ \text{m})^2}$
DATOS	$g = \frac{398,20 \times 10^{12}}{40,589 \times 10^{12}}$
$g = ?$	
$M = 59,7 \times 10^{23}\ \text{kg}$	RESULTADO
$m = 1\ \text{kg}$	$g = 9,81\ \text{m/s}^2$
$r = 6\ 371\ \text{km}$	

NOTA: Debemos recordar que el newton (unidad de fuerza), es la fuerza necesaria para que un cuerpo de un kilogramo (masa), se acelere un metro/segundo cada segundo: $N = \text{kg m/s}^2$
Esta aclaración es necesaria para que al simplificar las unidades, quede correcto el resultado en metros sobre segundo cada segundo.

MOVIMIENTOS DE LA TIERRA COMO ASTRO

Rotación

Es el movimiento que realiza la Tierra sobre su propio eje. El tiempo empleado tiene diferente duración según el criterio, es decir, de acuerdo al punto de referencia considerado que puede ser sideral o solar.

El día sideral es el tiempo que tarda una estrella en regresar a su misma posición en la esfera celeste, después de que ésta ha dado un giro completo y es igual a 23 horas, 56 minutos 4,09 segundos.

El día solar es el tiempo requerido por una posición solar en regresar al punto del observador. Como la distancia que nos separa del Sol es mucho menor en contraste con la distancia estelar, el giro excede un grado después de los 360 y por tal motivo se alarga el día solar 4 minutos. Un día solar medio es igual a - 24 horas, 3 minutos y 56,55 segundos.

La velocidad angular terrestre se obtiene dividiendo 360° entre 24 horas que

resulta ser igual a $15^\circ/\text{hora}$ sideral. También si consideramos que un día tiene 86 400 segundos y que un círculo completo tiene 2π radianes, resulta que la velocidad angular es igual a $0,0000727$ radian/segundo.

A consecuencia de que la velocidad angular permanece constante para todos — los puntos terrestres, la velocidad lineal sí varía según la longitud (lineal) — del paralelo del observador.

Latitud	Velocidad lineal
0°	465,06 m/seg
10°	458,05 m/seg
30°	403,10 m/seg
50°	299,53 m/seg
70°	159,53 m/seg
90°	0,00 m/seg

A la latitud de la Ciudad de México, la velocidad lineal de la Tierra es de 437 m/seg aproximadamente.

Como a cada acción corresponde una reacción, el movimiento de rotación repercute en otros fenómenos. Podemos — mencionar como ejemplo la deflexión de los cuerpos en caída libre hacia el este. Esta consecuencia fue prevista por Galileo y explicada por Newton, pero no fue precisada su magnitud hasta nuestros días: en el paralelo 40° de latitud la deflexión iguala 3 cm desde una caída — de 150 metros de altura.

Otra consecuencia de la rotación terrestre, es el efecto de Coriolis que — obliga a los objetos a desviarse a la — derecha en el hemisferio norte y a la — izquierda en el hemisferio sur. Esto — se debe a que las velocidades lineales son diferentes a variable latitud: hacia el ecuador es mayor y hacia los polos es menor.

No debemos omitir la consecuencia — más notoria del giro terrestre: la sucesión del día y la noche. La duración de estos períodos depende de la ubicación del punto del observador y de la — posición astronómica de la Tierra en su órbita, que constantemente cambia por — su traslación.

En base a la rotación puede ser determinada la medida del tiempo, para lo cual se establecieron los husos horarios. Estos son empleados para establecer de forma práctica el cambio de hora en base a meridianos de tiempo estándar cada 15° de longitud a la derecha e izquierda del meridiano 0° o de Greenwich.

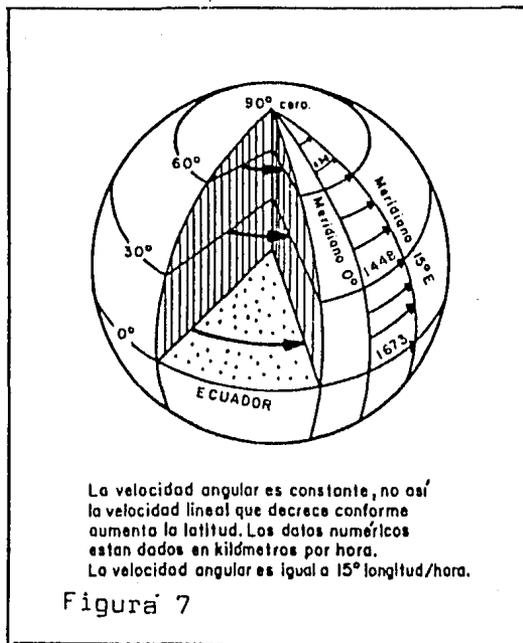


Figura 7

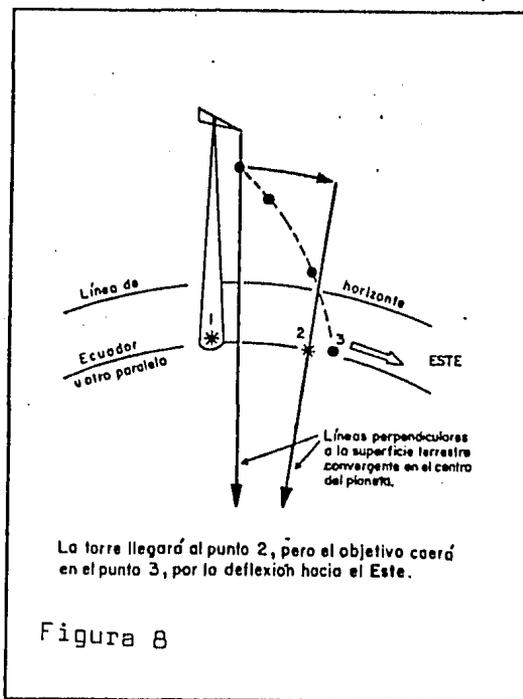


Figura 8

Traslación

Desplazamiento de la Tierra sobre su órbita alrededor de un centro de gravedad común con el Sol, punto ubicado dentro del mismo Sol debido a su gran masa.

El movimiento de traslación, la inclinación del eje terrestre $23^{\circ} 27'$ y la forma de la Tierra determinan el desarrollo de un complicado proceso: el de las estaciones del año porque cambia el círculo de iluminación del planeta, el cual incluye o excluye algunas regiones en el transcurso del año.

Año es el período que tarda la Tierra en girar alrededor del Sol, o sea, es el tiempo que transcurre entre dos pasos consecutivos del Sol por un mismo punto de la eclíptica (camino aparente del Sol) conocido como punto equinoccial. Es — así como el año trópico dura 365,2422 días, o sea, 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos. El año sideral dura más porque el punto de referencia es una estrella lejana y "fija", equivale a 365,2563 días que es igual a 365 días, 6 horas, 9 minutos y 10 segundos. Los momentos o puntos críticos en los que hay cambios de estación para ambos hemisferios son los equinoccios y solsticios. Los equinoccios son los momentos en que la eclíptica corta el ecuador celeste (prolongación del ecuador geográfico hacia el infinito); se presentan el 20 ó 21 de marzo iniciando la primavera y el otoño en el hemisferio norte y el hemisferio sur, respectivamente. En cambio, los solsticios son los momentos en que el Sol se encuentra en el cenit de cualquiera de los trópicos, significando el máximo alejamiento del Sol en su camino aparente con respecto al ecuador; ocurren el 21 de junio y el 22 de diciembre cuando inician el verano y el invierno. El otro equinoccio se da el 22 ó 23 de septiembre iniciándose el otoño y la primavera en el hemisferio norte el primero y en el hemisferio sur la segunda.

Las áreas comprendidas entre los círculos polares y los polos quedan totalmente iluminadas u obscurecidas de 24 horas a 6 meses, razón que explica la prolongada duración del día y la noche en aquéllas.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

A. Redacta un concepto personal de la forma de nuestro planeta y los procedimientos para determinarla.

B. Calcula la aceleración debida a la gravedad de la Tierra para un kilogramo ubicado en el ecuador y otro kilogramo localizado en uno de los polos geográficos.

DATOS

Masa del cuerpo (m) = 1 kg
Radio ecuatorial = 6 378,4 km
Radio polar = 6 356,9 km

SUSTITUCIONES

OPERACIONES Y RESULTADOS

FORMULA

$$g = \frac{GMm}{r^2}$$

$$g = \text{---} \text{ (Ecuador)} \quad g = \text{---} \text{ (Polo)}$$

C. Elabora en tu cuaderno un cuadro sinóptico que concentre los principales datos de los movimientos de rotación y traslación de la Tierra: concepto, duración, (tipos de día y año) y consecuencias.

1. La figura geométrica que se emplea como referencia en la determinación de las sinuosidades geoidales, es:

a b c d

- a. Un círculo.
- b. Una parábola.
- c. Una elipse perfecta.
- d. Una elipse irregular.

2. Las "mediciones" para precisar la forma de la Tierra se efectúan mediante los instrumentos llamados:

a b c d

- a. Densímetros.
- b. Mareómetros.
- c. Gravímetros.
- d. Batitermógrafos.

3. La aceleración debida a la gravedad en la superficie terrestre es:

a b c d

- a. Mayor a la lunar.
- b. Mayor a la joviana.
- c. Mayor a la solar.
- d. Mayor a la de todos los planetas.

4. El día solar se mide a partir de un punto de referencia que es:

a b c d

- a. Una protuberancia solar.
- b. Una mancha solar.
- c. Una espícula.
- d. Una fábula.

5. La velocidad de rotación terrestre varía notablemente de acuerdo a:

a b c d

- a. La distancia a la Luna.
- b. La distancia al Sol.
- c. La longitud.
- d. La latitud.

Instrucciones: Relaciona ambas columnas, colocando el número correspondiente dentro de cada paréntesis.

- | | | |
|--|-----|--|
| 6. Consecuencia de la rotación terrestre. | () | Día solar. |
| 7. Consecuencia de la traslación terrestre. | () | Día sideral. |
| 8. Período de rotación en referencia a una estrella fija. | () | Año trópico. |
| 9. Período de rotación en referencia a una mancha de la fotosfera. | () | Desviación de los cuerpos por hemisferios. |
| 10. Período transcurrido entre dos equinoccios de primavera. | () | Variaciones meteorológicas. |

P A R T E II

Estructura de la Tierra

Capítulo 5

ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

ENVOLTURAS

La Tierra es un astro diferenciado en capas, las cuales son verdaderas envolturas cuyo origen, composición y comportamiento determinan sus características actuales. La diferenciación geoquímica se realizó principalmente por la propia fuerza gravitacional de la Tierra, dando lugar a las siguientes fases: ferro-níquel, silicatada y gaseosa. Las condiciones de la diferenciación fueron controladas por las afinidades entre los elementos, más que por densidad y peso atómico, o sea que el control lo ejerció la configuración electrónica de los elementos. Por ejemplo, el uranio y el torio se encuentran en la corteza más que en zonas profundas, a pesar de su gran densidad.

La estructura terrestre por envolturas indica que alguna vez la Tierra fue fluida, estado que hizo posible su distribución. También fue determinante la energía cinética liberada durante la precipitación de las partículas hacia el centro de la Tierra, así como la compresión del material y la desintegración radiactiva, por ejemplo, del potasio 40.

Otra hipótesis, que se opone a la anterior, explica la diferenciación química del manto y la corteza sin la existencia de una fase aproximadamente líquida, sino mediante procesos de cristalización.

Las tres envolturas internas del planeta son: el núcleo, el manto y la corteza terrestre.

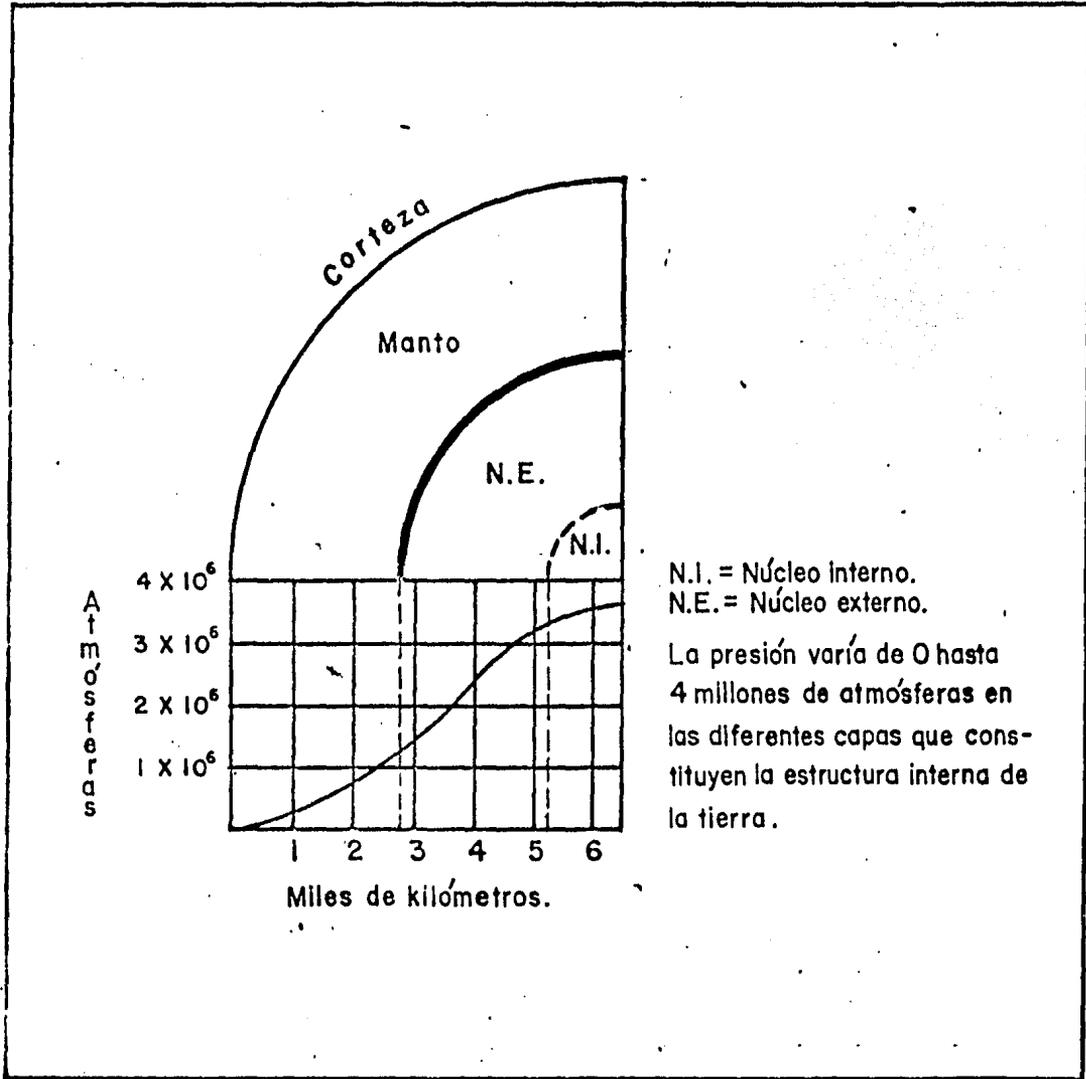
Núcleo

Capa interior formada por hierro y níquel a temperaturas de millares de grados. Está constituido por dos partes, que son:

- a) Núcleo interno en estado sólido, el que comienza a 4 980 km de profundidad, en sentido hacia el centro del planeta.
- b) Núcleo externo en estado líquido, en el que se producen corrientes con una velocidad aproximada a los 100 km/año y a las que se atribuye la existencia del campo magnético de la Tierra. Estos movimientos son afectados por la fuerza de Coriolis, según ha podido deducirse, la que produce desviaciones de los polos magnéticos; también parecen determinantes para tales desviaciones, los cambios ocasionales en la velocidad de rotación del manto y el núcleo.

El núcleo es una intensa fuente de calor para la siguiente envoltura, es decir, para el manto.

Estructura Interna de la Tierra



Manto

Los datos sismológicos revelan que a 2 900 km de profundidad hay una discontinuidad mayor que indica un cambio notable de características físicas y químicas de los materiales internos, conocida como **discontinuidad** de Wiechert-Gutenberg por el cambio a materiales silicatados o, según Ramsey, por una transición de presión debida a cambios bruscos de la estructura atómica de una mezcla de hierro.

Los principales constituyentes del manto son los silicatos de hierro y magnesio (Fe Mg SiO_3), pero en fase rómbica en los primeros 500 km y en fase cúbica en los otros 2 000 km, por lo tanto su densidad es de $3,27 \text{ g/cm}^3$ y $4,0 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.

También hay corrientes convectivas en el manto ocasionadas por el carácter inestable de sus materiales: desciende la capa externa del manto a consecuencia de su baja temperatura y alta densidad en contraste con la capa interior que asciende por su alta temperatura y su densidad más bien baja; cuando se logra un cierto equilibrio dinámico, éste se rompe al incrementarse nuevamente la temperatura de las regiones cercanas al núcleo. Las corrientes así formadas son consideradas por la teoría de la tectónica de placas que se analizará en el capítulo número seis.

Corteza terrestre

El paso del manto a la corteza terrestre lo marca otra discontinuidad llamada de Mohorovicic a una profundidad promedio de 33 km.

Presenta una composición notoriamente diferente entre las regiones continentales y oceánicas. Jeffreys identifica dos capas **corticales** en los continentes, una superior compuesta de granito o granodiorita de 15 km de grosor, la primera se llama SIAL y es más ligera que la segunda llamada SIMA con densidades de $2,65$ y $2,95 \text{ g/cm}^3$, respectivamente y ambas se encuentran en **equilibrio isostático**. En las cuencas oceánicas la capa siálica no existe o su espesor es muy reducido, así que predomina la capa simática.

ROCAS

Procesos petrogénicos

La corteza terrestre es una envoltura constituida de rocas de variadas características de acuerdo a las condiciones físicas y químicas de los procesos que las originan. Es la petrografía la directamente encargada de su descripción y la petrología de indagar su origen, ambas son obviamente disciplinas geológicas.

Las rocas son agregados naturales de minerales, los elementos más abundantes en los minerales petrogénicos son el oxígeno y el silicio; por cada 29 500 átomos de oxígeno hay 10 000 de silicio en la corteza, le siguen en menor abundancia el aluminio con 3 050, el hidrógeno con 1 400, el calcio con 920, el hierro con 910 y el magnesio con 879 átomos, también por cada 10 000 de silicio.

En relación con la formación de las rocas corticales, se han realizado experimentos de laboratorio en los que fusiones sintéticas indican como primera fase de cristalización un primer sistema de **olivino** $[(Mg, Fe)_2 SiO_4]$ antes que otras fases como **piroxeno** $[(Mg, Fe)SiO_3]$ $[Ca(Mg, Fe)Si_2O_6]$. La remoción de estos cristales pudo ocasionar que cambiara su composición hacia aquella propia del **basalto** y el **gabro**, cristalizaciones posteriores del líquido basáltico pudieron dar lugar a rocas de **feldespatos** y **cuarzo**, a **granito** o **granodiorita**.

Conforme a estos procesos se llevó a cabo la diferenciación del manto y la corteza. Esta última ha cambiado su estado original por grandes cantidades de magma que se cristaliza dentro de la corteza o se enfría en la superficie como lava, también se ha sometido a la acción de agentes físicos y químicos destructores de rocas preexistentes o por factores internos como la acción de calor, presión y fluidos químicamente activos que ocasionan su transformación. Sintéticamente se han expuesto en este párrafo los posibles procesos que producen y destruyen las rocas, pudiendo clasificarlas de acuerdo a sus orígenes en: ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Rocas ígneas

Estas rocas se forman por enfriamiento producido en el magma cuando penetra en forma de intrusiones a la corteza terrestre o por enfriamiento de lava en la superficie en un medio aéreo (en contacto con la atmósfera) o acuático (en los océanos). En base al ambiente en el que se produce el enfriamiento se diferencian dos tipos de rocas ígneas, las intrusivas y las extrusivas.

Rocas ígneas intrusivas. Se producen por varias etapas de consolidación del magma de acuerdo a rangos de temperatura, la primera implica temperaturas mayores a los $800^{\circ}C$, la segunda se desarrolla entre los 600° y $800^{\circ}C$, la tercera de 400° a $600^{\circ}C$ y la cuarta de 100° a $400^{\circ}C$. Las características de cada etapa da lugar a la formación de minerales particulares y a la presencia de fluidos gaseosos y acuosos en proporciones variables; generalmente son de grano grueso (grandes cristales) debido al lento enfriamiento.

Rocas ígneas extrusivas. Se originan por un enfriamiento externo, no siempre muy rápido porque dentro de las corrientes de lava la pérdida de calor es lenta y la textura que adquiere la roca es gruesa, tanto como en rocas ígneas intrusivas de las cuales son ejemplos la **diabasa** y el **gabro**. Las rocas vítreas de grano fino se forman a partir de lavas con muy elevada temperatura, pero que solidifican rápidamente en condiciones de baja presión y el vidrio se forma de lava muy viscosa que experimenta un enfriamiento muy considerable, lo que impide la migración de sus iones.

Los criterios más comunes para la clasificación de las rocas ígneas son: **Textura**, bandeamiento, agrietamiento y **vesicularidad**, desde un punto de vista físico; químicamente se consideran varios tipos en función a la cantidad de sílice (ácidas, intermedias, básicas y ultrabásicas) y bajo un criterio cuasiquímico tenemos rocas de minerales máficos y félsicos. Por ejemplo, son máficos la **biotita**, los piroxenos, **anfíbol**as y olivinos y son félsicos el cuarzo, los feldespatos y la moscovita.

En el siguiente cuadro se dan ejemplos representativos de rocas ígneas intrusivas y sus equivalentes rocas extrusivas.

ORIGEN	R O C A	M I N E R A L E S	SiO
Intrusivo	Granito (ácida)	Cuarzo y feldespatos	72%
	Diorita (intermedia)	Plagioclasa, ortoclasa, biotita y anfíbol	54%
	Gabro (básica)	Anfíbolas y piroxenos	48%
Extrusivo	Riolita (ácida)	Cuarzo y feldespatos	72%
	Andesita (intermedia)	Plagioclasa, biotita, hornblenda y anfíbol	54%
	Basalto (básica)	Plagioclasa, piroxenos y olivino	48%

La gran mayoría de rocas que constituyen la corteza son ígneas, estimándose en un 95%, de aquí su gran importancia.

Rocas sedimentarias

Después de formadas las primeras rocas de la corteza y sólo con la aparición del agua en forma líquida hace miles de millones de años, fue posible la disgregación de rocas ígneas, cuyos restos depositados generalmente en las partes bajas del relieve, se compactaron para transformarse en rocas sedimentarias. Los sedimentos varían mucho de tamaño y origen, pueden ser tan pequeños como unas décimas de milímetro o de algunos decímetros, por ejemplo arcillas, limos, arenas, gránulos, guijarros y cantos rodados, comprendidos entre 256 milésimas de milímetro para las arcillas, hasta 2,5 decímetros para los cantos rodados.

El proceso de su formación comprende:

- . Acción degradante de agentes erosivos como el agua y el viento o de agentes del intemperismo como son la oscilación térmica y la gelifracción.
- . Depositación directa o transporte y depositación de los residuos de rocas preexistentes.
- . **Litificación** de los residuos entre ellos mismos o con el auxilio de minerales como la hematita, la limonita, la calcita, el cuarzo y la anhidrita; también favorece la compactación, la presión ejercida por los sedimentos u otras presiones originadas por movimientos corticales.

Por su origen y textura las rocas sedimentarias se clasifican en:

- a) Detríticas de textura clástica
- b) Químicas Inorgánicas Textura clástica y no clástica
 Bioquímicas

La textura clástica de las rocas es el resultado de la unión de fragmentos -

claramente diferenciados y las rocas de textura no clástica presentan un verdadero y más estrecho entrelazamiento de sus granos, los que generalmente son de muy pequeño diámetro.

Las rocas sedimentarias más comunes son:

Detríticas

- Conglomerados. Conjunto de gránulos o bloques redondeados y cementados.
- Brechas. Conjunto de fragmentos angulosos.
- Areniscas. Partículas arenosas unidas.
- Lutitas. Materiales limosos y arcillosos compactados o cristalizados.
- Tobas. Unión de materiales piroclásticos.

Inorgánicas

- Calizas. Formaciones de carbonato de calcio de origen inorgánico.
- Dolomitas. Concentraciones de bicarbonato de calcio y magnesio.
- Halitas. Sal de roca formada por evaporación; es la sal común.

Bioquímicas

- Calizas. Formaciones de carbonato de calcio producido por medios orgánicos, es decir, con la participación de restos de seres vivos (esqueletos).
- Carbón. Composición de restos vegetales litificados a partir de pantanos y que posteriormente van perdiendo compuestos volátiles. Por ejemplo, turba, lignito, hulla y antracita.

La distribución de las rocas sedimentarias es superficial, ya que son las más abundantes desde este punto de vista por la acción destructora de los agentes externos.

Rocas metamórficas

Un tercer gran grupo de rocas es el de las metamórficas, nombre que da la noción de su origen: transformación de otras rocas. Los factores que propician los cambios de textura y aún de composición, son las elevadas temperaturas y presiones, así como la intervención de fluidos con intensa actividad química. Las regiones de la corteza en que participan estos factores se localizan por lo general a gran profundidad, a veces a kilómetros bajo la superficie donde el rango de las temperaturas va de 300° a 800° C y donde las presiones alcanzan centenas y hasta millares de atmósferas. Cuando actúa la erosión, las rocas metamórficas pueden quedar expuestas a nuestro acceso directo y por eso se extienden en reducidas superficies.

Rocas metamórficas de origen sedimentario		Rocas metamórficas de origen ígneo	
Caliza	————— Mármol	Riolita (extrusiva)	————— Gneis de biotita
Arenisca	————— Esquisto	Basalto (extrusiva)	————— Esquisto verde
Lutita	————— Pizarra	Granito (intrusiva)	————— Gneis

Instrucciones

A. Concentra en el siguiente cuadro los principales rasgos de cada una de las -
envolturas mayores que constituyen la estructura interna del planeta.

Envoltura	Grosor	Composición	Densidad	Comportamiento y otros rasgos
Núcleo				
Manto				
Corteza terrestre				

B. Redacta en tus propios términos los procesos esenciales que dan lugar al ori-
gen de las rocas.

IGNEAS (intrusivas y extrusivas): _____

SEDIMENTARIAS: _____

METAMORFICAS: _____

C. Recuerde algunos ejemplos de rocas, su origen y su utilidad. Puede auxiliar-
se con el apéndice geológico.

Ejemplo 1 _____

Ejemplo 2 _____

Ejemplo 3 _____

Ejemplo 4 _____

1. Las envolturas mayores de la estructura interna interna del planeta son:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Atmósfera, hidrosfera y litosfera.
 - b. Núcleo interno y externo.
 - c. Sial y Sima.
 - d. Corteza, manto y núcleo.

2. Principales constituyentes del núcleo:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Oxidos.
 - b. Metales.
 - c. Silicatos en fase rómbica.
 - d. Silicatos en fase cúbica.

3. La envoltura siálica forma parte de:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. El núcleo.
 - b. El manto inferior o mesosfera.
 - c. El manto superior o astenosfera.
 - d. La corteza terrestre.

4. Las discontinuidades son zonas internas de transición detectadas y caracterizadas por medios:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Geológicos.
 - b. Geodésicos.
 - c. Sismológicos.
 - d. Tectonofísicos.

5. Las rocas se clasifican de acuerdo a su origen en:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Inorgánicas y bioquímicas.
 - b. Clásticas y químicas.
 - c. Igneas, sedimentarias y metamórficas.
 - d. Intrusivas, extrusivas y detríticas.

Instrucciones. Relaciona ambas columnas, colocando el número correspondiente dentro de cada paréntesis.

- | | | |
|---|-----|-------------------|
| 6. Material que origina rocas ígneas intrusivas | () | Riolita |
| 7. Las rocas extrusivas se forman a partir de | () | Gabro |
| 8. Elementos cuarcíferos | () | Lava |
| 9. Mineral más abundante de las rocas ácidas | () | Cuarzo |
| 10. Equivalente extrusivo del granito | () | Mármol |
| 11. Equivalente intrusivo del basalto | () | Granito |
| 12. Roca bioquímica | () | Magma |
| 13. Roca sedimentaria detrítica | () | Carbón |
| 14. La metamorfosis de la caliza produce | () | Silicio y oxígeno |
| 15. El gneis deriva de | () | Brecha. |

Capítulo 6

HISTORIA GEOLOGICA

ERAS GEOLOGICAS

En el capítulo que trata las capas de la estructura interna de la Tierra, se expuso el origen de la corteza terrestre, del manto y del núcleo. Estas envolturas fueron originadas y transformadas en el transcurso de las eras geológicas, pero debemos reflexionar también en el origen y evolución de la atmósfera y de la hidrosfera. La atmósfera inicial del planeta fue formada por residuos de la nube protoplanetaria que, en total, equivalía en los inicios del origen del planeta a 600 masas en relación con el valor actual. La radiación solar incrementó la temperatura provocando la pérdida de materiales ligeros y que no pudieron asociarse en compuestos de mayor peso debido a sus propiedades químicas. Así es como la cantidad de elementos denominados "traza" (neón, argón, kriptón y xenón), ha permitido conocer la eficiencia de nuestro planeta para perderlos, estimándose en factores de 10^6 y 10^9 según el peso molecular de cada componente. Subsecuentemente la atmósfera recibió importantes aportes de procesos geológicos, como el volcanismo, y de procesos biológicos, como la fotosíntesis. Ya existían oxígeno, nitrógeno, agua y bióxido de carbono en la nube protoplanetaria pero se perdieron por la acción de la radiación solar, exceptuando aquellas cantidades que se combinaron en la Tierra sólida liberándose después de haber escapado la atmósfera primitiva.

Fue indispensable esta composición atmosférica para la posterior formación de la hidrosfera a partir de la condensación del vapor de agua sometido a un gradual enfriamiento y a la precipitación de agua dando lugar al inicio del ciclo hidrológico, con todas sus consecuencias.

Se ha expresado que la Tierra es un sistema dinámico, lo cual puede apreciarse más claramente en superficie donde la evolución ha dejado sus huellas principalmente en las rocas, cuyos estudios han facilitado la tarea de reconocer la historia de la Tierra a través de las eras geológicas.

Cada una de las grandes divisiones del tiempo geológico se denomina era; se han delimitado y caracterizado las eras en base a estudios geológicos de carácter estratigráfico y paleontológico, fundamentalmente.

Los eventos geológicos sobresalientes de cada era se incluyen en el siguiente cuadro sinóptico, así como sus divisiones y su duración.

La caracterización de cada período y de cada época de la tabla geológica se deriva, como ya se ha mencionado, de estudios estratigráficos y paleontológicos, por tanto son muy útiles los fósiles asociados con determinados estratos geológicos. Como es necesario ampliar la información paleontológica, se presentan a continuación los procesos de fosilización y las características de los fósiles - guía de las eras Paleozoica y Mesozoica.

P r o c e s o s d e F o s i l i z a c i ó n	
1. Sustitución o alteración del material original.	Proceso más frecuente que consiste en la recristalización o reemplazamiento de los materiales del ser vivo. Por ejemplo, el carbonato de calcio de las conchas es sustituido por sulfuro de hierro (pirita).
2. Impregnación de materiales porosos por medio de sales minerales.	Consiste en la asimilación o envoltura de minerales. Por ejemplo, la madera se impregna de ópalo dando lugar, en ocasiones, a bosques petrificados.
3. Impresiones y otras huellas.	Producción de moldes internos o externos dejados a manera de huella. También impresiones de la actividad de los seres vivos como madrigueras, excrementos, pie-dras estomacales, etc.

La distribución de los fósiles se relaciona con las rocas sedimentarias, - más que con ígneas o metamórficas por las elevadas temperaturas y presiones que implican su formación. Los diversos tipos de fósiles y su análisis e interpretación nos dan a conocer, desde el principio del siglo XIX, las condiciones imperantes en el medio ambiente de tiempos muy anteriores. Por ejemplo, los trilobites surgidos en el Cámbrico temprano y extintos a fines del Pérmico, son - útiles en la reconstrucción geográfica de los tiempos paleozoicos (fósiles guía de la era Paleozoica). Entre unos y otros trilobites se pueden encontrar diferencias, las más notables corresponden a la sutura facial y al tamaño y forma - del ojo, según el medio ambiente y el modo de vida de cada especie. La mayoría de estos artrópodos marinos vivieron en el fondo del mar, pero algunos eran - planctónicos; su tamaño varía de 1 a 15 centímetros de longitud. Las partes ca - racterísticas de estos fósiles son: cabeza, tórax y pygidium (terminal).

T R I L O B I T E S	
Especie	Característica
<u>Olenellus</u>	Sin sutura en la superfi - cie dorsal.
<u>Agnostus</u>	Sin sutura.
<u>Paradoxides</u>	La sutura corta el borde superior de la cabeza.
<u>Bumastus y Delaminites</u>	Sutura paralela o perpen - dicular al tórax.
<u>Trinocleus</u>	Sutura marginal.

Los ammonites son fósiles de la era Mesozoica desarrollados frecuen - temente en el Mar de Tethys. Vivie - ron en diferentes medios marinos, - tanto profundos, como superficiales. A fines del Cretácico desaparecie - ron por el rompimiento de las cade - nas alimenticias, según se ha podi - do deducir (tiburones o aparición - de los mamíferos acuáticos). El - promedio del diámetro de estos fósi - les guía es de 2 a 8 centímetros.

EVOLUCION DE CONTINENTES Y OCEANOS

La corteza continental y oceánica ha evolucionado en el transcurso de las eras geológicas, de manera periódica. El geofísico y meteorólogo alemán Alfred Wegener (1880-1930), expuso sus argumentos acerca de las causas de la similitud entre los diferentes continentes, ya por su configuración a manera de un rompecabezas, ya por los registros paleontológicos que indicaban seres preexistentes parecidos de regiones muy distantes unas de otras.

La propuesta de Wegener se conoce como "deriva continental" o "traslación de los continentes", sus planteamientos esenciales son:

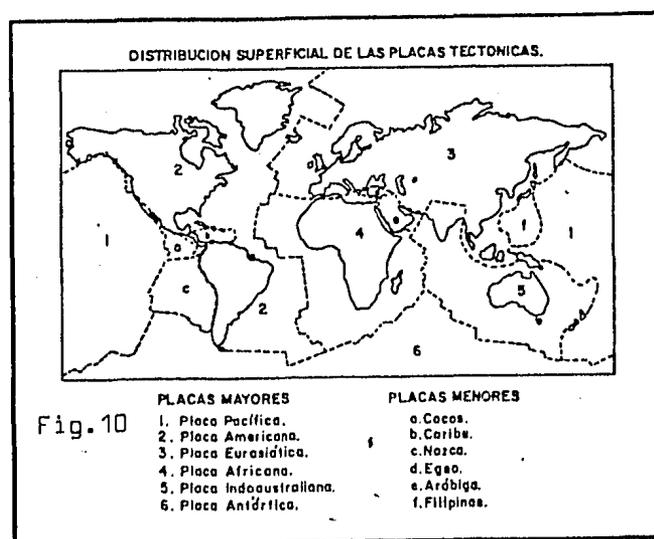
- . Existencia de un continente llamado Pangea que comprende todas las tierras emergidas.
- . Fracturamiento de Pangea en dos grandes continentes hace 200 millones de años a consecuencia de la fuerza centrífuga producida por la rotación terrestre.
- . Materiales corticales semifluidos en los cuales descansan y se mueven los continentes.
- . Movimiento constante de las grandes masas continentales sobre la horizontal y también verticalmente.

Actualmente el tercer punto es obsoleto como explicación de la deriva, en cambio, las otras ideas sí son aceptadas y apoyadas por estudios paleomagnéticos, sismológicos y geocronológicos realizados a partir de mediados del presente siglo. Una primera prueba contundente de la deriva continental es la orientación magnética de los materiales petrogénicos y los resultados de análisis del antiguo campo magnético registrado en rocas formadas hace millones de años, los cuales indican que los continentes efectivamente cambiaron sus posiciones con respecto a los polos magnéticos.

Otras series de razonamientos de orden geológico y sismológico apoyan la deriva continental según Wegener, pero en bases más sólidas conocidas como "tectónica de placas".

TECTONICA DE PLACAS

El mecanismo evolutivo de la corteza se explica mediante un sistema de extensas y profundas lozas, llamadas placas que constituyen la litosfera. Se conoce por litosfera la capa sólida que incluye la corteza y una región externa del manto; tomó unidad por su estado físico a pesar de existir diferencias de composición y densidad. Son cinco las placas mayores: Americana, Euroasiática, Africana, Indoaustraliana y Pacífica. Hay otras seis de menor extensión: Nazca, Cocos, Caribe, Arábica, Filipinas y Egeo.



El manto desarrolla corrientes cíclicas de tipo convectivo, lo cual se debe a diferencias de temperatura y presión que provocan inestabilidad. Esta última aumenta por diferencias regionales de los gradientes térmicos horizontales, por ejemplo, entre continentes y océanos por un mayor contenido de elementos radiactivos en las regiones continentales, en contraste con las regiones oceánicas.

El movimiento producido es muy lento, pero con variaciones de velocidad según su ubicación; si el movimiento es ascendente, la velocidad será máxima por la gran fuerza de tracción ocasionada por la elevada temperatura y el valor de la presión que va disminuyendo gradualmente. Cuando se acerca a la superficie y desciende, aminora su velocidad y puede llegar a detenerse. De esta manera — es como las corrientes se desarrollan periódicamente, así como los fenómenos — ocasionados en la superficie.

Hay tipos de corrientes menores en el manto como repercusión de otras mayores que han desaparecido dejando alteraciones térmicas. Así son producidas pequeñas cámaras de convección en movimiento giratorio y constituidas por capas — sobrepuestas (de 2 a 7). La existencia de estas corrientes de menores dimensiones pueden dar lugar, según recientes aportaciones geofísicas, a corrientes cíclicas más grandes por la unión de pequeñas cámaras de una misma columna. Todo este proceso puede acelerar la creación de nuevas corrientes y por lo tanto la acción ejercida sobre el relieve se da en lapsos activos relativamente cortos, de no ser así los períodos de orogenia mayor hubieran sido más prolongados.

Cada sistema de corrientes cíclicas ocasiona tensiones o compresiones en la litosfera, motivo por el cual se fractura, desplaza, hunde y reconstituye en — forma vertical y horizontal.

La litosfera se encuentra fracturada en placas mayores y menores, cada una con un desplazamiento específico. De acuerdo al movimiento de las placas se — consideran tres tipos de límites entre ellas: de extensión, de traslación y de compresión.

Límites de extensión

Mecanismo. Implica la separación de las placas y el consiguiente origen de formaciones geológicas por el afloramiento de materiales ígneos que se **petrifican**.

Efectos. Estos límites corresponden a las cordilleras mesoocéánicas constituidas por volcanes. Estas dorsales experimentan fracturamientos en muchos puntos transversales que delimitan fallas. Cada cordillera tiene dos crestas separadas por un valle axial. La tasa de expansión oceánicas es de unos centímetros por año, hecho que confirma la hipótesis de la deriva continental y de la tectónica de placas.

Rocas formadas. Principalmente rocas ígneas extrusivas derivadas de fenómenos volcánicos (basalto).

Límites de traslación

Mecanismo. El movimiento de las placas de este tipo de límite no induce a separación o alejamiento entre dos de ellas, porque se desplazan en forma paralela y en sentido contrario.

Efectos. Se forman fallas transformantes, por ejemplo, la falla de San — Andrés. A consecuencia de estos fenómenos se trituran rocas en las zonas de mayor fricción y su acción es ejercida directamente en zonas de menos de una decena de kilómetros por miles de kilómetros de longitud.

Rocas formadas. Rocas metamórficas por el incremento de temperatura y presión.

Límites de compresión

Mecanismo. Enfrentamiento de dos placas, lo que motiva el hundimiento de la más densa debajo de la más ligera.

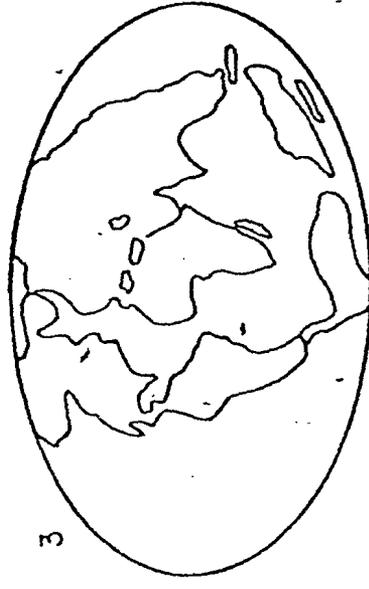
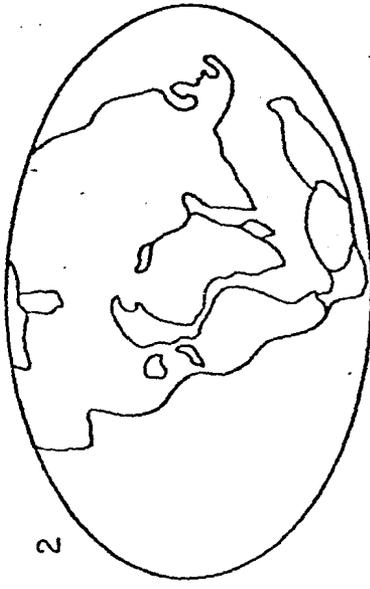
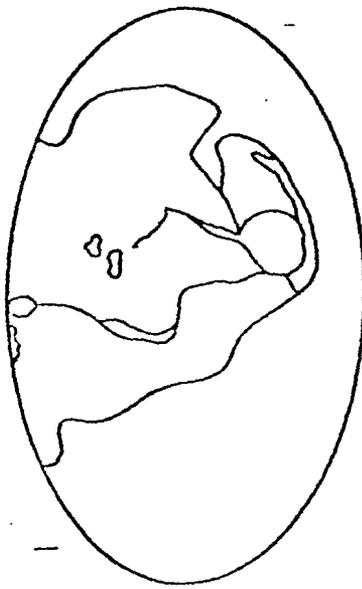
Efectos. Fusión de porciones de una de las placas o de ambas dando lugar a fusiones que se manifiestan mediante fenómenos volcánicos y/o petrogénesis por cristalización de minerales en ambientes de relativamente altas temperaturas y presiones. Formación de fajas orogénicas y de trincheras (zonas metamórficas).

Rocas formadas. Rocas ígneas intrusivas y extrusivas por enfriamiento de magma (interior) y de lava (exterior). Rocas metamórficas a consecuencia de la recristalización de rocas preexistentes (ígneas y sedimentarias).

En conclusión, los acontecimientos tectónicos han transformado repetidamente la corteza, tanto continental como oceánica. La deriva continental, como consecuencia del comportamiento del manto, se ha venido desarrollando desde hace más de dos y medio eones (un eón equivale a mil millones de años) y todavía sigue afectando la configuración y localización de las masas emergidas y de las cuencas oceánicas.

Es contundente apoyo a los argumentos anteriormente expuestos, la escasa antigüedad de los fondos oceánicos y la prolongada existencia de las masas continentales; constantemente se renuevan las rocas de los primeros a partir de los límites tectónicos de extensión donde afloran materiales ígneos, que forman petrificaciones de lavas basálticas. En cambio, los continentes fueron originados por pequeños núcleos que han ido creciendo en el transcurso de miles de millones de años a través de procesos geológicos, como son los arcos de islas marginales y los geosinclinales, formando rocas de tipo continental granítico. Originalmente la corteza terrestre no presentaba rocas graníticas y todas las rocas eran básicas (basalto y peridotita). Las primeras masas emergidas de los océanos fueron arcos insulares: las partículas sedimentarias derivadas de rocas básicas que se depositaron en los mares adyacentes, se alteraron formando nuevos y menos densos minerales silicatados de aluminio y potasio. Los estratos sedimentarios produjeron rocas como mármoles, esquistos y cuarcitas, cuya fusión local formó posteriormente granitos y otras rocas intrusivas ácidas (dioritas y anortositas).

La propuesta categórica sobre el origen de los continentes es: "Acreción de materiales sobrepuestos de manera localizada y partiendo de núcleos que aumentaron para dar lugar a nuestras actuales regiones continentales".



Aspecto de las tierras emergentes en el carbonífero (1), el eoceno (2) y el pleistoceno (3).



Fig. 11

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones

- A. Redacte una síntesis sobre el origen de la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera.

LITOSFERA _____

HIDROSFERA _____

ATMOSFERA _____

- B. Elabora un cuadro sinóptico de las eras geológicas anotando en cada espacio los rasgos que más te interesen o impresionen. Puede complementarlo con investigación bibliográfica.

E R A	D U R A C I O N	R A S G O S N O T A B L E S
Cenozoica		
Mesozoica		
Paleozoica		
Proterozoica		
Azoica		

AUTOEVALUACION DEL CAPITULO 6

Instrucciones. Anota el nombre de la era o período correspondiente en cada espacio de las siguientes afirmaciones:

1. La disminución gradual de la temperatura permite que se constituya la corteza terrestre en la era _____.
2. La gran masa continental denominada Pangea, así como el Mar de Tethys se formaron en la era _____.
3. Se desarrollaron grandes bosques de helechos que dieron lugar a yacimientos carboníferos en los períodos _____ y _____ de la era _____.
4. Los trilobites predominaron en el período _____ de la era _____.
5. Las primeras plantas terrestres aparecen en el período _____ de la era _____.
6. Los trilobites se extinguen en el período _____ de la era _____.
7. Las primeras aves surgen en el período _____ de la era _____.
8. La máxima superficie fue alcanzada por los océanos en el período _____ de la era _____.
9. En la época _____ aparecen las Montañas Rocosas.
10. Las épocas _____ y _____ constituyen el período _____ de la era _____.

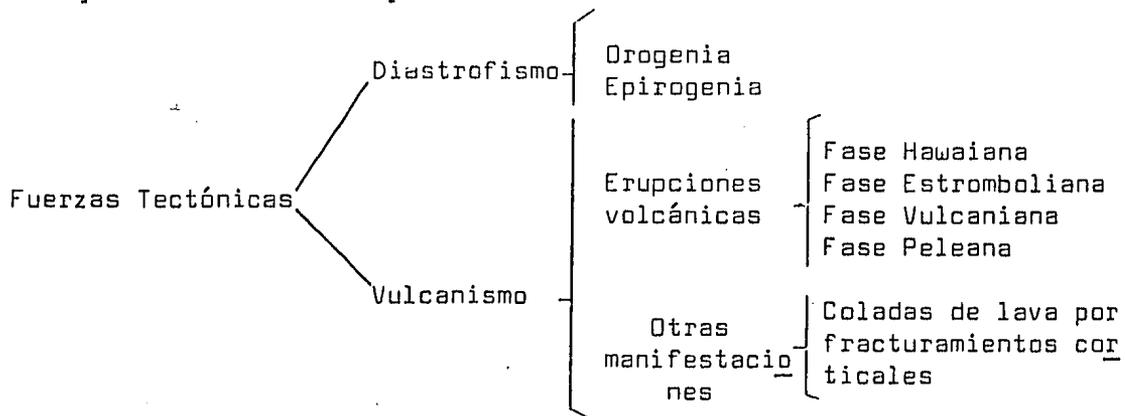
Instrucciones. Relaciona ambas columnas, colocando el número correspondiente dentro de cada paréntesis. Dentro de los dos paréntesis de aquellas respuestas sobrantes, anota un cero.

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. Las placas tectónicas que se separan producen fenómenos eminentemente | () Fallas transformantes |
| 2. Los límites de traslación producen | () De subducción |
| 3. Los límites de compresión ocasionan el fenómeno de | () Petrogénico ígneos y metamórficos |
| 4. Parte de las placas convergentes se funden ocasionando fenómenos | () Volcánicos |
| 5. Los plegamientos son producidos por placas con movimiento | () Divergente |
| | () Lateral |
| | () Convergente. |



FUERZAS TECTONICAS

El tectonismo es un conjunto de fuerzas impulsoras de movimientos litosféricos que deforman esta capa rocosa.



Diastrofismo

Orogenia

El diastrofismo es un conjunto de movimientos de gran lentitud, que modifican la configuración horizontal y vertical de la corteza por ascensos, descensos, plegamientos y roturas de las capas de rocas. Son fuerzas diastrofólicas la orogenia y la epirogenia.

La orogenia consiste en la formación de montañas de plegamiento y sus correspondientes depresiones, montañas que sólo pudieron formarse a partir de estratos de rocas sedimentarias alojadas en geosinclinales. Estas son depresiones marinas alargadas y profundas ocupadas por sedimentos, que al ser sometidos a fuerzas de compresión, originan cordilleras emergidas del nivel del mar.

Epirogenia

La epirogenia es el conjunto de movimientos de sentido vertical o inclinados que dan lugar a deformaciones de curvatura muy reducida, pero de gran extensión comparativamente con las formaciones orogénicas; por lo tanto dan lugar a emersión y sumersión de regiones continentales o insulares. Tiene gran relación la epirogenia con la isostacia.

VULCANISMO

Por su parte, el vulcanismo comprende todos los acontecimientos relacionados con la actividad de los volcanes, en sentido restringido y con los materiales — magmáticos cercanos a la superficie terrestre, así como también con los materiales lávicos, en sentido más amplio.

Un volcán es una prominencia del relieve producida por el afloramiento y — depositación de lava y/o materiales piroclásticos, que son fragmentos de gran tamaño llamados bloques y bombas, o de menores dimensiones como lapilli y cenizas volcánicas.

Las características de una erupción volcánica dependen principalmente de la composición y temperatura de la roca fundida o lava; de esas dos condiciones depende la fluidez de los materiales y la violencia de la erupción. Hay cuatro tipos de erupciones mejor diferenciadas, denominadas fases volcánicas cuyo nombre recuerda volcanes representativos.

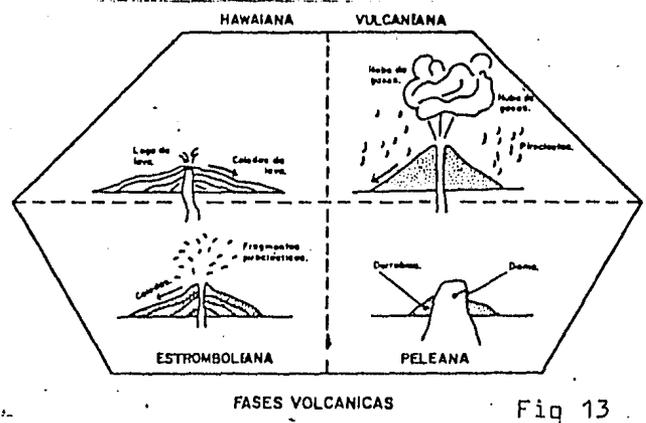
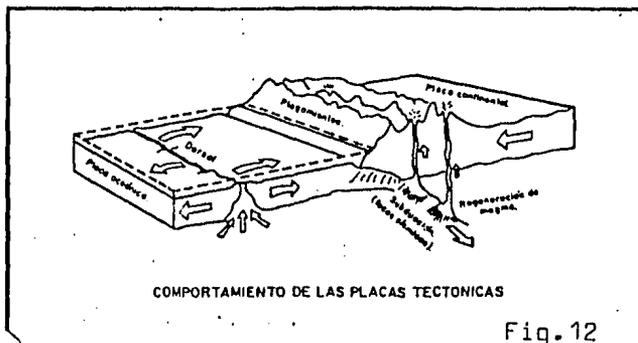
La fase volcánica Hawaiiana es la que presenta menor cantidad de sismos por — la elevada temperatura, composición básica y gran fluidez de la lava que da lugar a ríos de este material y a un lago en el cráter; su edificio se extiende notablemente por su carácter lávico efusivo.

La fase volcánica Estromboliana produce más intensos y frecuentes sismos resultantes de paroxismos, por la mayor pastosidad de su lava que sale con dificultad y en coladas intermitentes. Las explosiones dan lugar a la formación de un edificio volcánico mixto, o sea, compuesto de capas alternantes de lava y piroclastos.

La fase Vulcaniana es de tipo explosivo porque su lava poco fluida tapona el cráter y debido a la gran presión ejercida por los gases, particularmente el vapor de agua, se efectúan explosiones que proyectan lava pulverizada o ceniza volcánica formándose nubes de gases de gran altura a partir de la cima del edificio volcánico, mal llamado cono, porque no siempre presenta esa forma geométrica.

La fase Peleana se caracteriza por la gran violencia que desarrolla en forma de terremotos y nubes ardientes por la viscosidad de su lava; no forma edificios geométricos generalmente, porque conforme sale el magma se va enfriando y derrumbando.

Un mismo volcán puede presentar manifestaciones de más de una fase, dependiendo de su ubicación.



ZONAS DE PLEGAMIENTOS MODERNOS, VULCANISMO ACTIVO Y SISMICIDAD

Coinciden muy aproximadamente los límites móviles de las placas con las deformaciones de la corteza, incluyendo las cordilleras de plegamiento, los volcanes y la actividad sísmica.

Los sismos son fenómenos producidos generalmente por un determinado comportamiento de la corteza, pero frecuentemente se deben a fallamientos, éstos consisten en el desplazamiento de dos masas rocosas separadas por un fracturamiento; las rocas acumulan gradualmente energía y la liberan repentinamente ocasionando sacudidas del terreno (sismos), una vez que es alcanzado su "**Límite de elasticidad**".

Las ondas sísmicas no solamente ocasionan destrozos cuando son de gran intensidad, sino que son de fundamental importancia para conocer la composición y la estructura interna de la Tierra mediante el análisis de sus velocidades.

La mayor parte de los sismos tienen su origen en las zonas circundantes a las fajas de contacto entre las placas tectónicas y a profundidades de 300 km como máximo en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Las **profundidades focales** pueden ser determinadas con bastante exactitud por medio de instrumentos y procedimientos sismológicos.

Es oportuno tratar en este capítulo la **magnitud** escalar de los sismos según G. F. Richter: se toma una referencia o nivel cero que corresponde a un sismo perceptible instrumentalmente a 100 km del epicentro y se asignan valores logarítmicos. Por ejemplo, un sismo con longitud de onda máxima igual a 100 mm (según lo marca el sismograma correspondiente), tendrá una magnitud de 5 porque:

$$M = \log 100 - (\log 1/100)$$

Nivel cero

$$M = 2 - (-3) = 5$$

Este método puede ser aplicado sólo para sismos de focos poco profundos. Como son valores logarítmicos, cada grado de la escala significa que un temblor es 10 veces mayor en comparación con el grado anterior. Los mayores temblores registrados presentaron 8,9 grados y los de 2 ó menos grados, son imperceptibles a nuestros sentidos.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones

- A. Investigación. Consulta las características y las causas de las siguientes manifestaciones secundarias del vulcanismo.

Fumarolas _____

Solfataras _____

Géiseres _____

Aguas termales _____

- C. Contesta ampliamente la siguiente pregunta en tu cuaderno de notas:

¿Cómo deforman la corteza terrestre las fuerzas tectónicas y cuáles son las formas del relieve resultantes?

Instrucciones. Inscribe en cada cuadro el (los) número (s) que indiquen el carácter de la fuerza tectónica productora de los rasgos siguientes:

- | | | |
|--|--------------------------|--------------------|
| 1. Plegamiento de estratos sedimentarios | <input type="checkbox"/> | Fase Hawaiana |
| 2. Ascenso y descenso de zonas continentales e insulares | <input type="checkbox"/> | Fase Peleana |
| 3. Edificio volcánico mixto | <input type="checkbox"/> | Orogenia |
| 4. Formación de agujas y domos | <input type="checkbox"/> | Fase Vulcaniana |
| 5. Emisión de lava pulverizada | <input type="checkbox"/> | Epirogenia |
| 6. Lago de lava básica en el cráter | <input type="checkbox"/> | Fase Estromboliana |
| 7. Nubes ardientes | | |
| 8. Erupción de menor violencia | | |
| 9. Erupción productora de terremotos | | |
| 10. Edificio volcánico de base amplia | | |

Capítulo 8

FUERZAS DEGRADANTES DEL RELIEVE TERRESTRE

En la Tierra muchos fenómenos son periódicos y no escapa a esta categoría el origen y la destrucción del relieve de la corteza terrestre. Así como los agentes constructores son de carácter interno (tectónico), también hay agentes destructores, los cuales tienen un carácter externo (erosión e intemperismo); ambos rubros participan en el ciclo geológico mencionado.

Erosión	—	Física	Agua Viento	>	Ruptura mecánica de las rocas
		Química	Agua	—	Disolución
Intemperismo	—	Físico	Oscilación térmica Gelifracción o gelivación	>	Ruptura mecánica de las rocas
		Químico	Agua — Oxígeno — Acido carbónico		Disolución Oxidación

EROSION

Erosión es el conjunto de acciones que repercuten en las rocas fragmentándolas, transportando los residuos hacia las partes bajas del relieve y depositándolos. Los agentes erosivos más activos que equilibran las irregularidades de la superficie terrestre, son el agua y el viento.

La erosión física consiste en la fragmentación de las rocas debido a la intervención de la energía cinética del agua y del viento, en cambio, la erosión química es efectuada por la propiedad disolvente del agua sobre los minerales, dando lugar a modificaciones de composición química.

Las principales formas del relieve resultantes de la acción del agua y del viento son:

Agente	Tipo de erosión	Formas resultantes	Descripción
Lluvia	Erosión pluvial	Cárcavas, badenes y badlands	El agua de lluvia arranca y traslada los materiales del suelo y de las rocas dejando surcos y barrancos de variable profundidad y formaciones rocosas de caprichosas formas de acuerdo a su resistencia.

Agente	Tipo de erosión	Formas resultantes	Descripción
Ríos	Erosión fluvial	Cauces, cañones y valles	Los ríos dan lugar a depresiones alargadas (cauces y cañones) y a valles (llanuras de aluviones).
Glaciares	Erosión glacial (glaciares alpinos y continentales)	Valles, horns, fiordos y morrenas	Las masas de hielo de regiones alpinas y polares labran el relieve por excavación de sus rocas; hay formas de erosión que resultan de la pérdida de materiales, como los valles en "U" y formas que resultan de la depositación, como las morrenas.
Mares	Erosión marina (olas, corrientes marinas y mareas)	Retroceso de la línea de costa, playas, escalones de marea	Los movimientos de las aguas oceánicas esculpen las costas rocosas y redistribuyen los materiales, como son las arenas.
Viento	Erosión eólica	Formas de corración y formas de depositación	Cerros testigo, setas o rocas hongo; dunas, loess. El viento ataca las rocas con granos de cuarzo y los fragmenta con diferente intensidad, según la fuerza que lleva.

INTEMPERISMO

También es un conjunto de procesos que ocasionan la destrucción de las rocas y su depositación directa, sin transporte de materiales; ésta última característica lo diferencia de la erosión.

El intemperismo físico implica la disgregación de las rocas por cambios de energía térmica de gran amplitud (marcada oscilación térmica), lo que ocasiona pequeñas variaciones de densidad en las rocas y por ello se fracturan. También la gelifracción o gelivación corresponde al intemperismo físico y consiste en el rompimiento de las rocas cuando el agua infiltrada en ellas se congela, aumentando por esto su volumen.

Los desarrollos erosivos forman sistemas que afectan superficies delimitadas por características geológicas estructurales, por distribuciones hidrográficas y aún por procesos tectónicos. Son ejemplos de la participación de otros factores, movimientos diastróficos, principalmente de ascenso produciendo cañones y fiordos. Los cañones fluviales se han formado por la acción erosiva del río y por el ascenso tectónico, los fiordos se forman por la combinación de factores externos climático-hidrológicos (glaciares), junto con movimientos isostáticos de ascenso por el deshielo de los glaciares pleistocénicos.

Por último, la participación química del agua con o sin transporte, es responsable de reacciones que transforman los minerales, las **reacciones** más comunes son las **hidrolíticas**. Otras reacciones químicas son la **oxidación** y la **carbonatación** que afectan notablemente las rocas ígneas y metamórficas y poco a las rocas sedimentarias por tener un origen en medios ambientes atmosféricos. Los minerales más alterados son los feldespatos y los minerales ferromagnesianos, pero el cuarzo es disuelto tan lentamente que viene a ser el constituyente más común de los sedimentos clásticos.

FORMAS DEL RELIEVE CONTINENTAL Y SUBMARINO

Los temas primeramente expuestos facilitan la comprensión de los temas subsecuentes, porque todos y cada uno de los acontecimientos se interrelacionan de manera compleja. Es así como podemos afirmar que las formas del relieve son el resultado de cientos de factores en constante acción.

Relieve es el conjunto de formas que le dan irregularidad a la corteza terrestre superficial. Son algunos ejemplos mayores las montañas, mesetas, llanuras y depresiones, de muy diverso origen y características.

R E L I E V E		C O N T I N E N T A L	
Montañas	Mesetas	Llanuras	Depresiones
Prominencias de considerable altura originadas por plegamientos, fallamientos (orogénesis) o por vulcanismo. Tipos: . De anticlinal . De falla . Volcanes Todas ellas son de origen tectónico.	Zonas aproximadamente planas y elevadas con límites pendientes, formadas por erosión (eólica, glacial) o por fuerzas tectónicas: Diastrofismo y vulcanismo. Tipos: Estructural y de erosión.	Zonas planas con escasa altitud. Generalmente llanuras preexistentes forman posteriormente mesetas. Tipos: . Estructurales . De erosión . De acumulación (aluviales y costeras)	Zonas de menor altitud que el medio geológico circundante. Tipos: . Tectónico (de sinclinal y fosa) . De cuesta (erosión en regiones inclinadas como los valles). . De erosión eólica en regiones áridas.

Tanto en los continentes como en los océanos, la corteza presenta irregularidades en constante transformación bajo la influencia de agentes activos, tanto de carácter interno, como externo. Para las formaciones continentales es determinante la participación de los agentes atmosféricos y para las formas submarinas, la acción de las aguas oceánicas.

Los principales rasgos del relieve submarino se destacan por regiones y los conocemos por estudios fundamentalmente geofísicos.

Plataforma continental

Continuación de los continentes por debajo del mar hasta una profundidad promedio de 120 a 180 metros. Se caracteriza por la presencia de cañones formados probablemente por corrientes de lodo (corrientes de turbidez). La pendiente de esta región puede ser suave o pronunciada, lo que determina su amplitud entre unos cuantos centenares de metros y centenares de kilómetros. En algunas regiones presenta características netamente continentales por haberse encontrado emergidas anteriormente, por ejemplo, pueden identificarse valles fluviales, valles glaciales y turberas. Consti-

tuye el 7% de los fondos submarinos. La importancia actual de la plataforma se relaciona con la pesca y la explotación petrolera, la primera puede ser desarrollada porque las condiciones físicas, como temperatura y salinidad y las condiciones químicas, como elementos disueltos (fósforo, oxígeno y bióxido de carbono), la favorecen. El petróleo se extrae de trampas formadas entre las rocas de la plataforma.

Talud continental

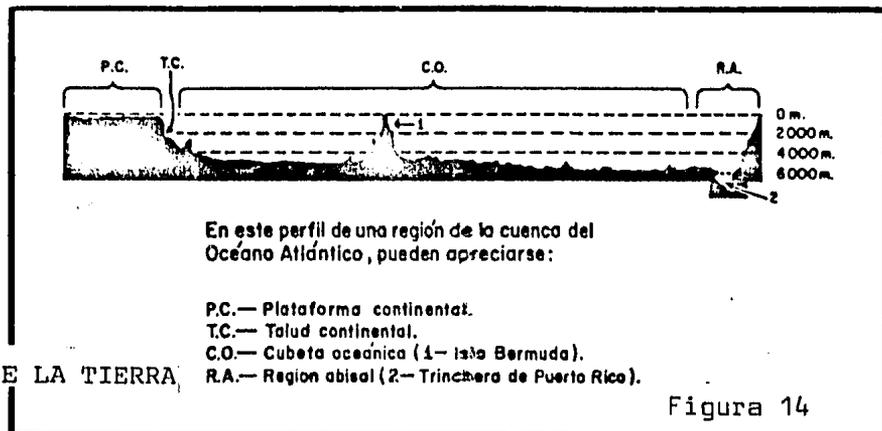
Margen de los continentes junto con la plataforma. Comprende profundidades entre 120-180 metros a 2 000 metros, constituyendo el 8% de las cuencas oceánicas; en general su pendiente es suave (del 4% al 6%) y aloja una capa sedimentaria de origen terrígeno como son gravas, arenas y fangos calcáreos.

Cubeta oceánica

Extensa depresión delimitada por las márgenes continentales y dividida por las dorsales oceánicas. Se extiende en el 84% del fondo submarino, aproximadamente, hasta los 5 000-6 000 metros de profundidad. Aquí se encuentran planicies, cerros y elevaciones mayores del océano. Las planicies tienen una suave pendiente y fueron producidas por prolongadas depositaciones de materiales sedimentarios. Los cañones mesoceánicos se localizan en las planicies de la cubeta oceánica, su anchura varía entre uno y ocho kilómetros y se explica su existencia por medio de corrientes de turbidez. Los cerros tienen alturas de pocos centenas de metros, en cambio, los montes oceánicos presentan hasta mil metros de altura, éstos últimos son de origen volcánico y presentan un modelado intenso por el movimiento de las aguas oceánicas. Requieren mayor atención las dorsales por sus notables características: alturas hasta de 4 000 metros, longitud de miles de kilómetros (las dorsales suman 64 000 kilómetros en total), en su parte media tienen una depresión resultante de fallamientos.

Región abisal

Las mayores depresiones de los océanos son alargadas trincheras con profundidades máximas de 8 a 10 mil metros. Se localizan junto a cordilleras submarinas, limitando a los arcos insulares o en los arcos de montañas. La más profunda conocida, es la Fosa de las Marianas con 11 825 metros bajo el nivel del mar. Estas trincheras son más frecuentes en el Océano Pacífico que en otros océanos. Las causas que originan estas alargadas y profundas depresiones son las fuerzas aplicadas en la corteza donde convergen las placas tectónicas para hundirse gradualmente una de ellas en el manto. Debido a la lenta sedimentación y a la considerable profundidad de esta región, no se rellena de materiales fragmentarios.



ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones

A. Contesta las siguientes preguntas:

a) ¿Cuál es la diferencia fundamental entre erosión e intemperismo?

b) ¿Cuáles son los dos agentes principales de la erosión y cómo actúan?

c) ¿Cómo se denominan los diferentes tipos de erosión?

d) ¿Cuáles son las reacciones químicas principales que destruyen las rocas?

d) ¿Se modifica el relieve terrestre? ____ ¿Por qué? _____

Instrucciones: Completa las siguientes afirmaciones con el término que designe la fuerza degradante correspondiente.

1. El agua es un agente destructor intenso en forma de lluvia, en cuyo caso produce erosión _____.
2. Los ríos ocasionan erosión _____.
3. El viento es un agente mecánico destructor de rocas, el cual ocasiona erosión _____.
4. Los glaciares labran el relieve porque producen erosión _____.
5. El agua actúa sobre rocas y minerales descomponiéndolos, ya que es agente de _____.
6. Las cárcavas, los badenes y los bad lands son formas resultantes de la erosión _____.
7. Los valles en forma de V son producidos por erosión _____.
8. Los horns son producto de la erosión _____ en las regiones alpinas.
9. Las formas de corración las produce la erosión _____.
10. Los agentes del intemperismo físico son _____ y _____.

Instrucciones: Relaciona ambas columnas colocando el número o números correspondientes a cada una de las formas principales del relieve.

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Se forman por erosión en zonas altas (en relación al nivel del mar) 2. Corresponden a fosas tectónicas 3. Se forman por fuerzas tectónicas 4. Se forman por acumulación de aluviones 5. Se forman por plegamiento 6. Corresponden a sinclinales 7. Se forman por erosión en zonas bajas (en relación al nivel del mar) 8. Se forman por volcanismo 9. Corresponden a los anticlinales 10. Se forman por derrames lávicos | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black; margin-right: 10px;" type="text"/> Montañas </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black; margin-right: 10px;" type="text"/> Mesetas </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black; margin-right: 10px;" type="text"/> Llanuras </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black; margin-right: 10px;" type="text"/> Depresiones </div> |
|--|--|

Capítulo 9

AGUAS OCEANICAS

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

El agua de los océanos tiene una dinámica peculiar derivada de sus propiedades. Son algunas de éstas la temperatura, la salinidad, la densidad y la composición química general; todas ellas condicionan sus movimientos.

Temperatura

Por medio del **batitermógrafo** se mide la temperatura de las aguas oceánicas - hasta cientos de metros de profundidad. Se ha investigado que se presentan variaciones diurnas y anuales, que a su vez dependen de la ubicación geográfica, - la profundidad y las condiciones meteorológicas (nubosidad). En general la variación diurna es pequeña, de $0,4^{\circ}$ a 1° C siendo mínima en zonas tropicales, media en las polares y máxima en las **subtropicales**.

De acuerdo a la profundidad, los cambios térmicos son menores a consecuencia de las condiciones barométricas (de presión); cuando el agua asciende, se expande y se enfría por **efecto adiabático**. Como resultado de las diferencias regionales no hay verdaderos gradientes en los océanos, pero tenemos como promedio 3° C menos que la atmósfera, $1,6^{\circ}$ C de amplitud diurna y 15° C de amplitud anual como - máximo. A partir de mil metros de profundidad las variaciones son casi nulas.

Las fuentes de calor que aportan energía térmica a las aguas oceánicas son, en primer lugar, la radiación solar absorbida directamente, pero también el calor atmosférico absorbido por convección, la **energía geotérmica** adquirida por - conducción procedente del interior del planeta, el calor procedente de la energía cinética (movimientos), el calor de procesos químicos y biológicos, así como por desintegración radiactiva.

Salinidad

La salinidad del agua es la cantidad total de materiales sólidos contenidos en un kilogramo y, por lo tanto, expresada en gramos. Se cuantifica en las siguientes condiciones: transformación de carbonatos en óxidos, bromuros y yoduros en cloruros, oxidación de la materia orgánica secada a cientos de grados - centígrados.

Las sales principales contenidas en las aguas marinas y su contenido por metro cúbico a 20° C de temperatura son: Cloruro de sodio (20 kg/m^3), cloruro de magnesio ($3,8 \text{ kg/m}^3$), sulfato de magnesio ($1,7 \text{ kg/m}^3$), sulfato de potasio (816 g/m^3), carbonato de calcio (122 g/m^3), bromuro de potasio (101 g/m^3), sulfato - de estroncio (28 g/m^3) y ácido bórico (28 g/m^3).

La cantidad de sales varía mucho entre diferentes áreas: Es máxima en los mares cerrados localizados en latitudes medias (42 ‰ en la superficie y 270 ‰ a dos mil metros en el Mar Rojo, como caso excepcional).

La salinidad superficial depende de los aportes de agua de los ríos, de precipitaciones pluviales y de la evaporación. También interviene la formación de hielo, la circulación del agua y el mezclado. En profundidad varía, ya sea para aumentar o para disminuir, sin embargo, es representativa en los océanos una zona de baja salinidad en la mayor parte de ellos entre 800 y 1 000 metros, fenómeno producido por una disminución térmica.

Densidad

La densidad (g/cm^3) o **gravedad específica** del agua de mar varía en función a la temperatura y la salinidad y, en menor proporción, por la compresibilidad.

Hay una estrecha relación entre densidad, temperatura y salinidad porque el aumento de salinidad ocasiona que disminuya la temperatura de la máxima densidad. Por ejemplo, con una salinidad de 10 ‰, la densidad máxima se presenta a 1,8° C, en cambio, con otra salinidad tres veces mayor el momento de máxima densidad se da a los - 2,47°C.

Es claro también que las aguas cambian su temperatura del punto de congelación de acuerdo a la salinidad, agua con 25 gramos de sales por kilogramo se congela a una temperatura todavía más baja de - 1,63°C.

En conclusión, se considera que la densidad promedio tiene un valor de 1,025 g/cm^3 .

Composición general

Es sumamente compleja la composición química de las aguas oceánicas y su determinación se dificulta por varias razones, entre ellas está la pequeña concentración de muchas de las sustancias disueltas en contraste con otras que se encuentran en gran proporción.

Componente	Características
1. CLORO	Se encuentra en forma de iones cloruro y participa con el 55% de todos los materiales disueltos. Se incluyen como cloruros el bromuro y el fluoruro (muy escaso porcentaje).
2. SODIO	Se encuentra en forma iónica (cationes) y es de muy difícil medición. Varía principalmente donde son importantes las aportaciones de agua dulce de los ríos.
3. MAGNESIO	Se encuentra en cantidades uniformes en función a la clorinidad.
4. AZUFRE	Se encuentra como ión sulfato y en mayor cantidad cerca de las costas donde las aguas son poco salobres.
5. CALCIO	Varía por la actividad fotosintética y se equilibra con cantidades aportadas por los ríos. Se determina junto con el estroncio.
6. POTASIO	Se halla como catión y varía gradualmente junto con la clorinidad e irregularmente por actividades biológicas (algas).
7. SILICE	En forma soluble es utilizado por organismos (diatomeas y radiolarios).Varía considerablemente.
8. NITROGENO	Se puede encontrar como elemento gaseoso y combinado con materia orgánica e inorgánica, de éste último carácter son el nitrato, el nitrato y el amonio.

Otros elementos presentes son aluminio, fósforo, yodo, arsénico, hierro, manganeso, cobre, uranio y radio. En forma gaseosa se encuentran disueltos el nitrógeno, oxígeno, bióxido de carbono y aún hidrógeno y gases raros. Por ser esenciales para el desarrollo biológico, el O_2 y el CO_2 participan en forma cíclica en las aguas marinas; el control de sus cantidades lo ejercen factores térmicos, salinos, dinámicos (movimientos de corriente y mezclado) y biológicos. Estos últimos son importantes porque los emplean los seres vivos en la fotosíntesis (CO_2) y la respiración (O_2).

Es evidente la interdependencia de las propiedades físicas y químicas de las aguas marinas y, por lo tanto, sus movimientos son resultado de la suma de un gran número de factores actuantes.

DINAMICA DE LAS AGUAS OCEANICAS

Las masas de agua experimentan constantes movimientos por el estado físico en que se encuentran, por otras propiedades como diferencias regionales y zonas de temperatura, salinidad y densidad; también por la disposición geográfica de las cuencas oceánicas, por fenómenos atmosféricos e influencias de tipo astronómico luni-solar.

Los movimientos representativos son olas, corrientes marinas y mareas. Las mareas fueron tratadas en el tema de Sistema Solar, por lo que a continuación se rán explicadas las causas y las características de olas y de corrientes.

Olas

Movimientos en forma de onda ocasionados generalmente por el viento. Las olas pueden ser descritas por su amplitud, longitud de onda, altura y período. La amplitud equivale a la mitad de la altura y el período es el tiempo en segundos durante el cual pasan dos crestas por un mismo punto.

En estas sinuosidades cada partícula se mueve en una órbita elipsoidal con eje vertical igual a la altura. El movimiento se anula cuando la profundidad es igual a la mitad de la longitud de onda. Si se presenta algún obstáculo, como puede ser la playa, las olas aumentan de altura y disminuyen su longitud a consecuencia del aminoramiento de la velocidad para volverse inestables y caer sobre si mismas en forma de rompientes. Hay varias escalas que clasifican las olas dependiendo de la intensidad del viento, de la amplitud y del estado de relativa calma o movimiento del mar.

Olas de Oscilación

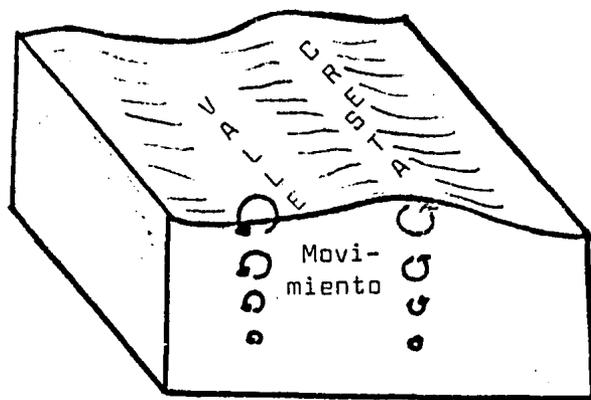
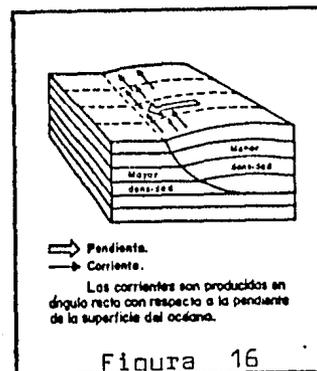


Figura 15

Corrientes marinas

Ya fue considerado el hecho de que la densidad de las aguas oceánicas dependen de la temperatura y la salinidad. A su vez, los contrastes de la densidad producen movimientos horizontales y verticales conjugados con la acción de los vientos y la rotación terrestre; el agua de menor densidad ocupa lugares más superficiales que las de mayor densidad y, debido a la pendiente y a la fuerza de Coriolis, asume un movimiento desviado hacia la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur.

Las corrientes cambian su trayectoria cuando el flujo de agua es paralelo a la pendiente superficial que tienen - Las grandes masas oceánicas. También a consecuencia de la fuerza de Coriolis, las corrientes de las regiones occidentales de las cuencas oceánicas se angostan e incrementan su velocidad y aquellas de las porciones orientales se amplían y disminuyen su velocidad. La velocidad superficial es, en promedio, menor a un metro cada segundo.



Las corrientes presentan diferente temperatura y salinidad en contraste con las masas de agua circundante entre las que se desplaza, así se consideran corrientes cálidas, aquellas que tienen mayor temperatura que el medio y frías las que tienen una temperatura menor. Por ejemplo, la Corriente del Golfo queda caracterizada así: Inicia su trayectoria en la región del Mediterráneo Americano (Golfo de México, Mar de las Antillas y Mar Caribe), sigue por las costas de Estados Unidos y Terranova para disiparse en litorales europeos; su caudal es centenares de veces mayor que el caudal del Río Amazonas, su anchura tiene de 35 a 70 km promedio, pero al final se dispersa su frente en cientos de kilómetros; los contrastes térmicos son de 5° C como mínimo en relación con los demás cuerpos de agua marina.

Los efectos que ocasionan las corrientes marinas por su temperatura, pueden clasificarse en dos categorías principales de acuerdo a su temperatura: Las corrientes cálidas aportan calor a las masas de aire de la atmósfera favoreciendo los fenómenos acuosos (evaporación, condensación y precipitación), mientras que las corrientes frías los dificultan provocando procesos de desertificación en las regiones costeras.

En general, las corrientes son medios de transporte de nutrientes y de plancton que da lugar al desarrollo de la vida marina (excelentes zonas pesqueras).

Subsidencias

Los vientos son factores fundamentales en el comportamiento dinámico de las aguas oceánicas, tanto en forma vertical, como en forma horizontal. Otros factores que participan son: La evaporación, que provoca subsidencias al incrementarse la densidad en regiones subtropicales principalmente; la radiación emitida por las aguas de los mares polares incrementa así su densidad y ocasiona su hundimiento. Las masas de agua hundida son reemplazadas por agua superficial circundante que se mueve de manera convergente a la zona de subsidencia.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

- Sintetiza en tu cuaderno las ideas esenciales relativas a la interdependencia de la temperatura, la salinidad y la densidad de las aguas oceánicas.
- Elabora tu propio concepto de ola y de corriente marina. Incluye las causas que las originan.
- Investiga en bibliografía especializada el origen de los tsunamis y sus efectos.

AUTOEVALUACION DEL CAPITULO 9

Instrucciones: Completa las siguientes aseveraciones.

1. Dos fuentes de energía térmica que incrementan la temperatura de las aguas oceánicas son _____ y _____.
2. Las dos sales más abundantes disueltas en las aguas oceánicas son _____ y _____.
3. La salinidad varía de acuerdo a varios factores, como por ejemplo _____ y _____.
4. Dos factores que hacen variar la densidad de las aguas oceánicas son _____ y _____.
5. Las olas son movimientos producidos por _____.
6. Las corrientes marinas se desvían, se angostan o amplían debido a _____.
7. Los factores que ocasionan la formación de subsidencias son _____ y _____.

Instrucciones: Interrelaciona ambas columnas.

- | | | |
|-----------------------|-----|--|
| 8. Olas | () | Son causadas principalmente por condiciones atmosféricas. |
| 9. Corrientes marinas | () | Son producidas por diferencias en las condiciones físicas de las masas de agua oceánica. |
| 10. Subsidencias | () | Son hundimientos de masas de agua densa. |

Capítulo 10

AGUAS CONTINENTALES

TIPOS DE AGUAS CONTINENTALES

Las propiedades físicas y químicas son muy diversas en las aguas alojadas en los continentes, en forma de corrientes y depósitos superficiales.

Los ríos tienen pocas sales y entre sus mayores constituyentes están los carbonatos, sulfatos y sodio; de la cantidad de éstos depende la del bióxido de carbono. Sin embargo, los pequeños pero prolongados aportes de sus sales al desembocar en los océanos, han incrementado extraordinariamente la salinidad del mar en el transcurso de miles de millones de años.

Los lagos presentan una amplia gama de composiciones según las condiciones geográficas y según su origen; los hay con excesivas cantidades de sales, mayores aún que en los mares, por tal razón se denominan salinos; también hay lagos con cantidades importantes de sulfatos, compuestos carbonatados de sodio, calcio o magnesio, así como boratos y nitratos por lo que son llamados alcalinos.

Las aguas subterráneas también ofrecen diferentes características físicas y químicas, pero se diferencian cuatro grupos principales:

- . Carbonatadas. Se originan por los aportes de materia orgánica y aire (CO₂).
- . Sulfatadas. Originadas por oxidación y disolución de diferentes sustancias.
- . Cloruradas. Se forman por aportes de sales y sedimentos de origen marino, generalmente.
- . Escasa concentración mineral. Contienen muy reducidas cantidades de minerales.

Ríos

Los arroyos y ríos son corrientes de agua, perennes o intermitentes, que se dirigen a las partes bajas del relieve y que forman parte de diversos sistemas hidrológicos.

Las unidades hidrogeomorfológicas son regiones en las que el agua superficial se comporta de modo congruente con las características geológicas, geomorfológicas, edafológicas y vegetales dominantes. Por su parte, las regiones hidrológicas únicamente están delimitadas por las formas del relieve como condicionantes del drenaje. Las regiones hidrológicas se dividen en cuencas. Cuenca es la zona que proporciona a un río la mayor parte de su caudal (cantidad de agua), por medio de escurrimientos determinados por "líneas divisorias de las aguas" que coinciden con los puntos de mayor altitud. Las vertientes son conjuntos de cuencas cuyas corrientes discurren en una determinada dirección; cuando desaguan

en los mares se les denomina exorreicas y si lo hacen en el interior (lagos y lagunas) se les denomina endorreicas.

Los principales ríos de cada vertiente presentan características evolutivas particulares, así como una determinada forma de desembocadura, las que dependen de la configuración vertical y horizontal del terreno. Las etapas evolutivas de los ríos son: juventud, madurez y senectud.

Se considera joven a un río o a parte de él cuando su velocidad es considerablemente alta a consecuencia de terrenos con gran inclinación; es capaz de transportar materiales de gran tamaño como lo son bloques de rocas que erosionan el cauce en un sentido principalmente vertical. Debido también a la irregularidad del relieve se producen cascadas, saltos de agua y rápidos que hacen impropia la navegación, en cambio, se utilizan para la generación de energía hidroeléctrica porque permiten la construcción de presas por tener un valle cerrado y profundo.

La etapa de madurez se caracteriza por menores pendientes y menores velocidades, lo que produce el abandono de los bloques y el transporte de materiales menores como guijarros y gravas; la erosión ocasionada es tanto vertical como horizontal que profundiza y abre el cauce, respectivamente. En esta fase el río ya es capaz de presentar planicies de inundación y en algunos trayectos comienza a formar curvaturas llamadas meandros y además puede ser navegable en algunas partes de su curso.

La senectud corresponde generalmente al curso bajo de los ríos o a ríos que en su mayor parte discurren en zonas planas; se caracterizan por una velocidad muy disminuída por la escasa pendiente, por el arrastre de arenas y arcillas, las que termina por depositar en las riberas y en la desembocadura. Sus caudales son aprovechados en la navegación y la agricultura.

Por su forma de desembocadura se consideran: deltas, estuarios y barras completamente formados o en proceso de formación. Un delta es el conjunto de brazos derivados de la corriente principal, que se dirigen a un mar o lago para desaguar en varias bocas; se producen frecuentemente en mares cerrados. Los estuarios son desembocaduras en mares profundos, razón por la cual el curso bajo del río es afectado por los movimientos de marea oceánica y además es muy útil en la instalación de puertos fluvio-marítimos. Las barras son islas sedimentarias producidas por la depositación de arenas en el fondo del mar y que logran emerger permitiendo la formación de albuferas (lagunas costeras).

Lagos

Los lagos son masas de agua alojadas en depresiones del relieve. De acuerdo al origen de la depresión son considerados los siguientes tipos lacustres:

T i p o	M o t i v o
Tectónico	Cuando las deformaciones corticales son producidas por diastrofismo dando lugar a fosas y sinclinales.
Cráter	Cuando la depresión se produce por un impacto meteorítico o si el cráter de un volcán inactivo aloja las aguas.

T i p o	M o t i v o
Eólico	Cuando la acción del viento ocasiona depresiones, generalmente de escasa profundidad en zonas áridas y las fuertes lluvias y/o afloramientos de aguas subterráneas las ocupan intermitentemente.
Kárstico	Si la depresión se encuentra en zonas de calizas las cuales han sido formadas por erosión e intemperismo químicos, característicos de estructuras geológicas sedimentarias.
Barrera	Si los materiales ígenos (lava y piroclastos) o sedimentarios (morrenos glaciales), impiden el escurrimiento de una zona al cerrar la cuenca.
Cubeta de subsidencia	Por hundimiento general de una amplia región que aloja enormes cantidades de agua. El Mar Caspio es realmente un lago de este tipo, pero por ser agua salada y de origen primeramente marino se le denomina mar.

Si consideramos el mecanismo de las aguas lacustres en relación con las corrientes fluviales, los lagos se clasifican de la siguiente manera:

- . Lagoas de recepción. Son alimentados por uno o varios inmisarios, afluentes o tributarios.
- . Lagos de emisión. Pierden agua mediante efluentes o emisarios para regular su caudal.
- . Lagos de transmisión. Reciben y emiten una o varias corrientes de acuerdo al sistema de drenaje condicionado por rasgos geológicos o climáticos.

Aguas subterráneas

Las zonas en que los poros y grietas del subsuelo que se saturan de agua infiltrada en los materiales geológicos por gravedad, albergan las llamadas aguas subterráneas. Según el tipo de rocas o sedimentos varía la cantidad de agua y la intensidad de su posible flujo.

La **porosidad** de algunas rocas sedimentarias como las areniscas y los conglomerados, acumulan mayores cantidades de agua que las rocas ígneas y metamórficas cuyos cristales fuertemente reunidos dificultan la infiltración, sin embargo, si se encuentran fracturadas y afalladas pueden permitir formación de depósitos y corrientes subterráneas.

La **permeabilidad**, que es la facilidad o dificultad que ofrecen las rocas para el flujo del agua varía según la distribución, el tampo y las interconexiones de los poros. Por ejemplo, las areniscas son altamente permeables, pero si sus poros se han rellenado de minerales cementantes puede disminuir en gran proporción esta propiedad, en cambio, si rocas ígenas o metamórficas están fracturadas y desplazadas, pueden tener mayor permeabilidad. Este comportamiento es objeto de análisis por parte de los hidrogeólogos, porque tiene gran relación con la constitución geológicas de la corteza terrestre superficial.

1. La superficie drenada por un río, incluyendo su área de captación, es denominada:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Región hidrogeomorfológica.
 - b. Región hidrológica.
 - c. Cuenca.
 - d. Vertiente.

2. Los ríos cuyos caudales desembocan en los mares pertenecen a la vertiente:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Arreica.
 - b. Criptorreica.
 - c. Exorreica.
 - d. Endorreica.

3. Las etapas evolutivas de los ríos están determinadas fundamentalmente por las características de:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Los materiales transportados.
 - b. La formación de meandros.
 - c. La desembocadura.
 - d. Las formas del relieve.

4. Los depósitos de agua alojada en las partes bajas del relieve se llaman:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. Arroyos.
 - b. Ríos.
 - c. Lagos.
 - d. Cañones.

5. El mecanismo de las aguas lacustres depende de:

a	b	c	d
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 - a. La composición de dichas aguas.
 - b. Las características hidrogeológicas.
 - c. El origen de las depresiones lacustres.
 - d. Los ríos que desembocan y/o son formados por lagos.

Instrucciones: Relaciona las dos columnas.

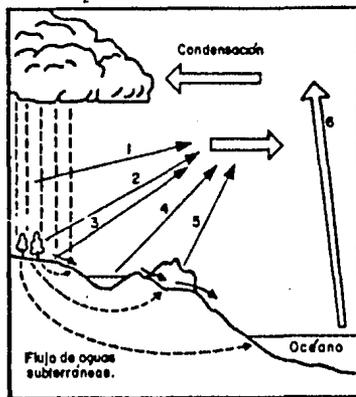
- | | | |
|--|-----|---|
| 6. Se llama flujo artesiano a | () | La cantidad de espacios vacíos. |
| 7. Se llama porosidad de las rocas a | () | Sedimentarias y fracturadas |
| 8. La permeabilidad de las rocas consiste en | () | Forma de drenaje subterráneo que favorece la extracción de agua subterránea |
| 9. La permeabilidad es mayor cuando las rocas son | () | Igneas y metamórficas sin fracturar o sedimentarias muy cementadas. |
| 10. La permeabilidad es menor cuando las rocas son | () | La cantidad de agua que puede infiltrarse en el subsuelo. |

CICLO HIDROLOGICO

CONCEPTO

El ciclo hidrológico es el proceso de intercambio de ubicación geográfica y estado físico del agua. Este concepto del ciclo es aparentemente muy simple, pero son muchos los caminos que puede seguir una molécula de agua y muy variable el tiempo que tarde en regresar a la nube, que es el punto de partida considerado como el inicio.

Se ha estimado que anualmente se evaporan más de 333 000 kilómetros cúbicos de agua de los depósitos oceánicos, más de 62 000 kilómetros cúbicos de las corrientes y depósitos continentales, los que suman un total aproximado de 395 000 kilómetros cúbicos de agua evaporada durante un año. La cantidad de agua precipitada en forma de lluvia y nieve, equivale a 99 960 kilómetros cúbicos, lo cual significa que las tierras reciben más agua de precipitación, del agua que pierden por evaporación (99 960 y 62 000 kilómetros cúbicos, respectivamente). Esta diferencia puede explicarse por un flujo de agua en la superficie y el subsuelo que en períodos variables alcanza los océanos.



Fases: Evaporación - "Condensación" - Precipitación.

1. Evaporación de la precipitación.
2. Evaporación procedente de la vegetación (también evapotranspiración).
3. Evaporación de las capas superficiales de lagos y otros depósitos.
4. Evaporación de ríos.
5. Evaporación de la humedad del suelo.
6. Evaporación de la superficie oceánica.

Fig. 17

El motor que desencadena este ciclo es la radiación solar, energía que experimenta variadas transformaciones, como por ejemplo: a través de la evaporación del agua de la hidrosfera, se convierte en energía mecánica; el vapor tiene energía potencial que después se transforma en lluvia y corrientes (energía cinética). Estos cambios de energía son los que hacen posible el ciclo hidrológico por fases: evaporación, condensación y precipitación. También es importante resaltar que las propiedades del agua son determinantes para la realización de este ciclo, como su alto calor específico (requerimiento de una elevada cantidad de energía calorífica para incrementar su -

En conclusión, la existencia de masas de agua y su cíclica transferencia a la atmósfera, a la litosfera y a la misma hidrosfera, propician un medio ambiente que hace de la Tierra un planeta habitado.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

A. Observa el esquema representativo del ciclo hidrológicos para identificar los posibles circuitos que siguen las partículas de agua precipitadas por la nube.

Ejemplo.

Una partícula de lluvia se infiltra, después continúa como flujo subterráneo, desemboca en el océano, es evaporada de la superficie marina y finalmente es condensada para formar parte nuevamente de una nube. Los cambios de estado son: de líquido a gaseoso (vapor de agua) y de éste a líquido (gota de agua de la nube).

CIRCUITOS

1. _____

Cambios de estado físico: _____

2. _____

Cambios de estado físico: _____

3. _____

Cambios de estado físico: _____

Instrucciones. Completa las siguientes afirmaciones:

1. El motor que promueve el ciclo hidrológica es _____.
2. Se llama ciclo hidrológico al conjunto de cambios de _____ del _____.
4. La cantidad de agua evaporada de _____ es mayor en comparación con _____.
5. La importancia del ciclo hidrológico es _____.

INVESTIGACION. En este espacio puedes pegar o resumir una noticia o un artículo relativo a la importancia de dar un buen uso a los recursos hidrológicos.

Capítulo 12

ENVOLTURAS DE LA ATMOSFERA

COMPOSICION Y PROPIEDADES FISICAS

Ya fue expuesto el probable origen de la atmósfera a partir de una masa nebular residual que fue transformada física y químicamente mediante procesos volcánicos y biológicos.

La región más densa de la atmósfera es la que se localiza cerca de la superficie terrestre y se compone de:

	MAYORES	Nitrógeno (N)	78,084 %
		Oxígeno (O)	20,946 %
		Subtotal mayor ...	99,030 %
COMPONENTES CONSTANTES		Argón (Ar)	0,93400 %
		Dióxido de carbono (CO) ..	0,03300 %
		Neón (Ne)	0,00182 %
	REMANENTES	Helio (He)	0,00053 %
		Kriptón (Kr)	0,00012 %
		Xenón (Xe)	0,00009 %
		Hidrógeno (H)	0,00005 %
		Metano (CH)	0,00002 %
		Subtotal menor ...	0,96963 %
		T O T A L	99,999 %

Otros componentes que participan en proporción variable son principalmente vapor de agua y partículas sólidas, éstas tienen dimensiones mayores a una molécula pero son tan pequeñas que se mezclan libremente con los gases y pueden permanecer suspendidas por tiempo indefinido.

Las propiedades físicas de los materiales atmosféricos que más influyen en la estructuración y comportamiento de la atmósfera son: presión, densidad y temperatura.

La presión atmosférica consiste en la aplicación de fuerza representada por el peso de unas capas sobre otras; es medida por centímetro cuadrado y es igual en toda la superficie expuesta de cualquier cuerpo.

La densidad es el número de moléculas de gas que ocupan un determinado volumen o peso total/volumen. Es igual a 1 300 g/m³ al nivel del mar. A ocho kilómetros de altura se reduce a menos del 50%, a veinte kilómetros es igual a 1/13 y a 170 km es de tan sólo un millonésimo de gramo por metro cúbico. A consecuencia de la gran densidad de la baja atmósfera (de 0 a 20 km de altura aproximadamente), una partícula puede viajar una distancia infinitesimal antes de chocar con otra partícula, en cambio en las capas altas puede viajar 6 mm sin chocar con otra.

La temperatura experimenta profundos cambios según la altura, ya que también varían las condiciones de presión y densidad, como factores de carácter físico, además de cambios de carácter químico.

RASGOS NOTABLES DE CADA ENVOLTURA

De acuerdo a sus características representativas, la atmósfera se ha dividido en capas o envolturas.

La exosfera ocupa la región más externa de la atmósfera en donde poco a poco se forma la continuidad de la magnetosfera, principalmente con átomos de hidrógeno cargados eléctricamente y electrones libres; después de una zona de transición le sigue la ionosfera compuesta por iones de nitrógeno y oxígeno monoatómicos (partículas de un sólo átomo) y diatómicos (partículas de dos átomos), además de electrones libres. La radiación solar desprende de sus átomos o más electrones produciendo así el fenómeno de ionización o formación de átomos con carga eléctrica; esta particularidad de concentración de iones constituye los llamados niveles eléctricos que son útiles para la radiodifusión, impidiendo que las ondas de radio escapen hacia el espacio exterior. La ionización comienza a 50 km de la superficie y termina a los 1 000 km. Una función esencial de la ionosfera es la absorción de los rayos X y los rayos gamma hasta una altura de 88 kilómetros.

Después aparece la mesosfera, que en la opinión de algunos geofísicos no debe considerarse por separado, sino junto con la ionosfera por comenzar en ella la ionización. Continúa la estratosfera cuya característica más notable es la presencia de una capa de ozono (oxígeno triatómico) que detiene la radiación ultravioleta proveniente del Sol y letal para los seres vivos.

Por último, la troposfera, extendida a partir del nivel del mar hasta 8 ó 17 km en los polos y el ecuador, respectivamente, es la capa atmosférica más densa de todas y concentra la mayor parte del agua en forma de vapor (humedad), gotas y cristales de hielo (nubes y precipitaciones). Es la más conocida por nosotros debido a que en ella se realizan los fenómenos meteorológicos y que son fundamentales en el condicionamiento favorable del medio para los seres con vida.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

A. Anota en los espacios correspondientes, aquéllos rasgos que consideres notables en cada una de las envolturas de la atmósfera, después de leer cuidadosamente la lección y de observar el esquema de la siguiente página.

1. Troposfera _____

2. Estratosfera _____

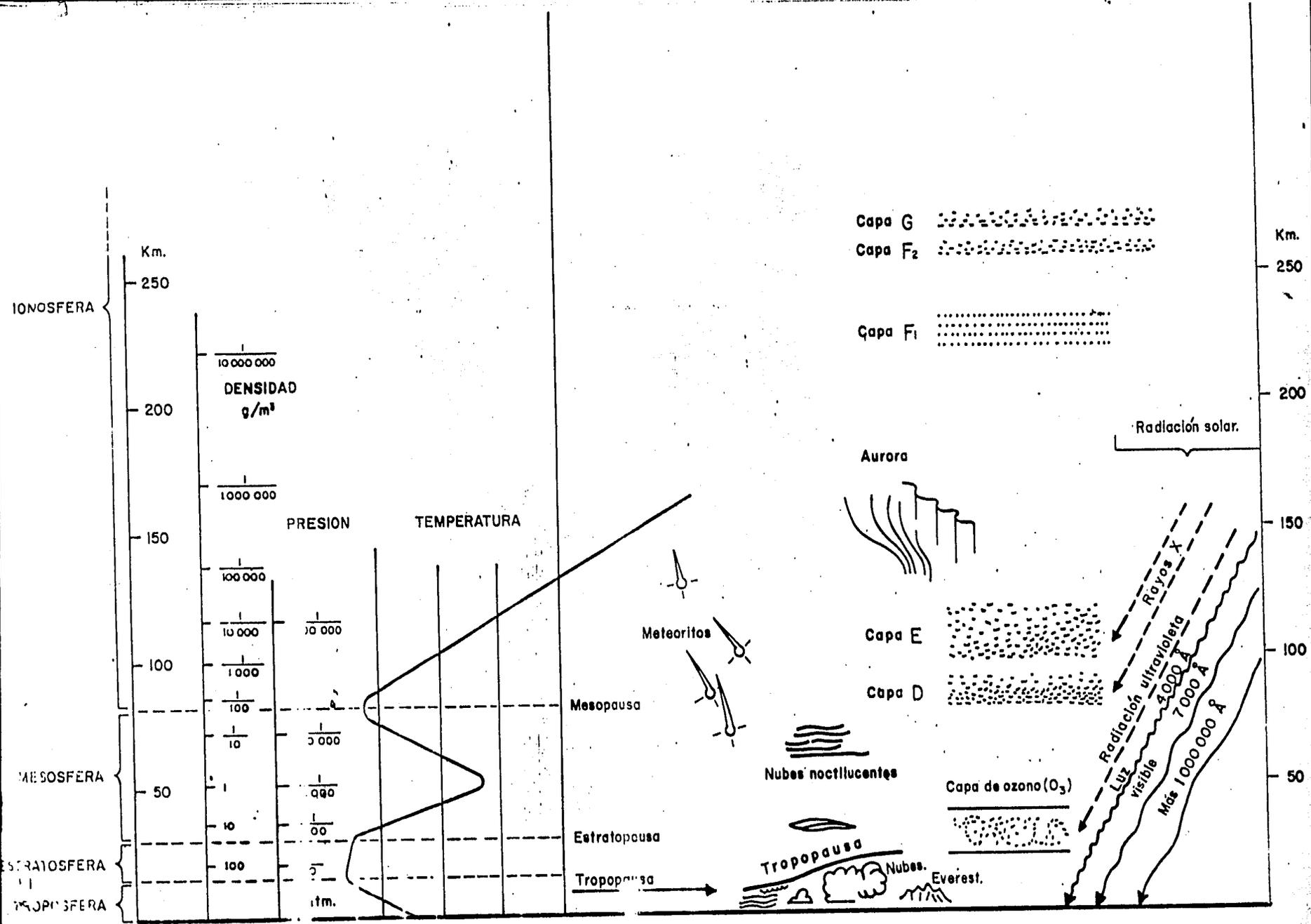
3. Mesosfera _____

4. Ionosfera _____

5. Exosfera _____

Instrucciones: Escribe el número o los números correspondientes dentro de cada paréntesis.

1. Componentes constantes mayores () Ionosfera
2. Componentes constantes menores () Troposfera
3. Cantidad de masa atmosférica/volumen () Argón y bióxido de carbono
4. Fuerza que ejerce la atmósfera () Nitrógeno y oxígeno
5. Envoltura más densa de la atmósfera () Presión y temperatura
6. Contiene ozono () Estratosfera
7. Absorción de rayos X y rayos gamma () Densidad
8. Está constituida de partículas atómicas ionizadas () Presión.
9. Experimenta fenómenos meteorológicos
10. Propiedades físicas que varían según la altura



PROPIEDADES FISICAS DE LA ATMOSFERA, Cada region de la atmósfera presenta características particulares.

Fig. 10

Capítulo 13

LOS FENOMENOS METEOROLOGICOS

ANTECEDENTES

Los fenómenos meteorológicos son aquellos cambios ocurridos en la troposfera, donde es máxima la densidad y la humedad (vapor de agua). Para conocer el mecanismo de estos fenómenos debe considerarse la radiación solar que es dispersada, reflejada y absorbida por las superficies rocosas, el agua de la hidrosfera y el aire de la atmósfera.

Del 100% de radiación visible e infrarroja que llega a la Tierra, el 35% se refleja al espacio, el 19% lo absorbe la atmósfera y el 46% restante logra alcanzar la superficie, aclarando que estos porcentajes varían con la latitud, la estación del año y la cantidad de nubes. La radiación calorífica que alcanza la superficie, es liberada posteriormente incrementando la temperatura de la troposfera más intensamente cerca del nivel del mar y menos en zonas alejadas (más altas). Por tanto, los cambios que ocurren en la troposfera se deben a que la radiación solar se distribuye irregularmente en ella, lo cual motiva importantes contrastes térmicos y barométricos, éstos en estrecha relación con los desplazamientos de los gases y demás componentes de la atmósfera. Otro gran grupo de cambios son los higrométricos vinculados con la humedad, de la cual dependen directamente los fenómenos meteorológicos acuosos. Son algunos ejemplos de meteoros acuosos: condensaciones (nubes, niebla, neblina y rocío) y precipitaciones (líquidas y sólidas).

MECANICA DE LOS VIENTOS

Todos los movimientos atmosféricos están regidos por la temperatura y la presión. En la troposfera se desplazan las masas de aire siguiendo sistemas de isobaras e isotermas de la circulación general y regional de la atmósfera.

Los vientos son movimientos horizontales del aire que resultan del desequilibrio de fuerzas también de dirección horizontal. En términos meteorológicos, los vientos son originados por el gradiente de presión con el que también participan fuerzas como la de Coriolis, centrífuga y la fricción.

La mecánica de los vientos se rige por la distribución de los gradientes de presión, los cuales dependen de la temperatura. Primeramente es necesario considerar que el calentamiento de la atmósfera es desigual, lo que causa un sistema de circulación de tipo convectivo. Se entiende por convección atmosférica al intercambio de temperaturas, tendiente al equilibrio a través del movimiento vertical de las masas de aire, esto implica la transmisión de calor entre diferentes volúmenes del fluido gaseoso. Si la temperatura del aire es elevada, éste se expande y asciende; durante el proceso de ascenso y expansión se produce un enfriamiento el cual, a su vez, ocasiona la contracción del aire y su consiguiente descenso para cerrar un circuito.

Otro aspecto esencial para la comprensión de las causas del dinamismo de las masas de aire, es la relación temperatura-presión:

- A mayor temperatura, menor presión.
- A menor temperatura, mayor presión.

Las masas de aire de aquellas regiones con gran cantidad de partículas por unidad de volumen (alta presión), se desplazan a regiones de baja presión; cuanto mayor es el contraste de temperaturas y presiones, la velocidad alcanza mayor intensidad. Si los gradientes de presión se conservan aproximadamente durante todo el año, los vientos se denominan constantes si, en cambio, se alternan periódicamente la consecuencia inevitable es un cambio alternado en el sentido de los movimientos. Son ejemplos de vientos que invierten su dirección las brisas y los monzones, llamados en forma general vientos periódicos.

En el siguiente esquema las flechas indican la trayectoria de las masas de aire de la atmósfera, los vientos constantes corresponden a los vientos de superficie de la circulación general de la atmósfera conocidos como alisios, del oeste y polares.

Los vientos alisios o del noreste presentan velocidad y dirección más o menos constantes todo el año, afectan aquellas regiones ubicadas entre los 30 de latitud norte y sur. Forman parte del circuito compuesto por masas de aire cálido que ascienden hasta 3 km sobre el nivel del mar en una faja ecuatorial de baja presión, luego regresan a la superficie en una región de alta presión subtropical siguiendo una trayectoria curva descendente, para finalmente alcanzar la faja ecuatorial donde se inicia otra vez el ciclo. Su velocidad varía entre 22 y 30 km/hora.

Los vientos del oeste se dirigen de los 30 de latitud norte y sur a los 60 también norte y sur para chocar con los vientos polares procedentes de las mayores latitudes del planeta.

El comportamiento de los vientos constantes se debe a la distribución de presiones atmosféricas en forma de fajas aproximadamente paralelas al ecuador y relativamente homogéneas (de alta o de baja presión). Así, las masas de aire son obligadas a seguir circuitos llamados celdas meteorológicas: los movimientos advectivos (horizontales) son los vientos de superficie y de altura y los movimientos convectivos (verticales) son llamados calmas ascendentes o descendentes.

CIRCULACION REGIONAL Y LOCAL DE LA ATMOSFERA

Como la atmósfera es un sistema muy complejo, no pueden encontrarse en ella movimientos perdurables y exactamente iguales. Son los desequilibrios térmicos los causantes de fenómenos dinámicos regionales y locales que a su vez están condicionados por diversos factores, entre los cuales es fundamental la distribución de tierras y mares. Estos absorben variables cantidades de energía solar según sus características intrínsecas (densidad, calor específico, composición y dispo-

sición) y también por circunstancias externas (momento del día y época del año).

Los monzones pertenecen a la circulación regional de la atmósfera y son vientos que invierten su dirección entre las estaciones del año; se dirigen de regiones marinas a regiones terrestres durante el verano y en sentido contrario durante el invierno. La causa principal de estos vientos periódicos es el mayor calentamiento y el mayor enfriamiento de las rocas del relieve continental e insular, en comparación con el agua del océano. Como estos materiales liberan la energía que reciben del Sol en forma de ondas caloríficas, producen incrementos de temperatura en las masas de aire adyacentes en diferente medida según se trate de zonas terrestres o acuáticas. Cuando se forma un centro de alta presión sobre el mar y de baja presión sobre el continente, entonces el monzón se dirige tierra adentro millares de kilómetros a partir del océano. Esto sucede en el verano, pero en el invierno el monzón se dirige al mar procedente de tierra para confundirse con los vientos alisios. Los monzones más intensos se desarrollan en el sur y sureste de Asia, pero también se producen en África, América y Australia.

Las brisas presentan un mecanismo similar, pero afectan una reducida área e invierten su dirección en el transcurso del día y no del año como ocurre con los monzones. También hay brisas de montaña y de valle: en el día se dirigen hacia la montaña y en la noche hacia el valle. Por su reducida superficie de acción se clasifican como vientos de la circulación "local" de la atmósfera.

Los ciclones también son vientos, pero siempre de origen oceánico, es decir, por condiciones atmosféricas determinadas por el agua de los océanos. En zonas templadas se produce una depresión o centro de baja presión a partir de un choque de masas de aire frío de origen polar y otra cálida de origen tropical; el frente adopta forma ondulada primeramente, luego forma ángulos ondulados hasta cerrar la depresión mencionada con un movimiento de rotación propio. Generalmente un ciclón da lugar a otros 4 ó 5 ciclones que duran en total alrededor de una semana. En cambio, los ciclones tropicales se forman bajo otras condiciones: temperaturas elevadas de 26° C ó más, condensación del vapor de agua debido a masas de aire frío liberando simultáneamente su **calor latente**. Esta energía hace inestable el aire provocando su ascenso que, junto con la fuerza de Coriolis finalmente dan lugar al ciclón. La velocidad varía entre 100 y 200 km/hora y el diámetro es de un centenar de kilómetros; estos violentos meteoros se dispersan por la fricción producida entre ellos y el relieve de las tierras emergentes.

INTERRELACION DEL DINAMISMO DE LAS MASAS DE AIRE CON OTROS FENOMENOS METEOROLOGICOS

El movimiento de las masas de aire, ya sea advectivo o convectivo (paralelo o perpendicular a la superficie), ocasiona múltiples fenómenos meteorológicos entre los que se destacan condensaciones y precipitaciones.

Son notables las precipitaciones producidas por los vientos monzónicos de verano que influyen en Asia. En India han llegado a registrarse 11 000 mm de agua pluvial en un sólo período; estas abundantes lluvias se deben a que las masas de aire son muy húmedas por su origen supraoceánico y que posteriormente se enfrían y condensan encima de los continentes e islas.

Los ciclones también dan lugar a series de nubes conforme evolucionan, se deben al constante enfriamiento ocasionado por los movimientos giratorios ascendentes.

Otros fenómenos frecuentes en la atmósfera son los frentes o choques de masas de aire de diferente temperatura, humedad, duración, dimensiones, localización y procedencia. Como una masa rechaza a la otra, la tendencia es de ascenso, puede ser que la masa cálida se deslice sobre la fría o viceversa, en ambos casos se enfría el vapor de agua presente en nubosidades y se precipitan gotas de agua y cristales de hielo de acuerdo al tipo de nube. Hay frentes estacionarios y esporádicos, entre los primeros podemos considerar el frente polar producido por el choque de los vientos del oeste y los vientos polares, entre los segundos se encuentran los frentes ciclónicos.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

A. Contesta las siguientes preguntas:

- a) ¿A qué se llama fenómeno meteorológico? _____
- b) ¿Cómo se distribuye la radiación que recibimos del Sol en la región superficial y externa del planeta? _____
- c) ¿Qué es el viento? _____
- d) ¿Qué se entiende por convección atmosférica? _____
- e) ¿Cómo varía la presión en relación con la temperatura en la atmósfera? _____
- f) ¿Qué diferencias hay entre los vientos constantes y los vientos periódicos? _____

B. Completa las siguientes afirmaciones:

- g) La circulación general de la atmósfera es un modelo teórico de los movimientos de las masas de aire; consiste en _____
- h) Los vientos de superficie de la circulación general de la atmósfera se llaman: _____ y _____.
- i) Los monzones y los ciclones pertenecen a la circulación _____ de la atmósfera, en cambio, las brisas corresponden a la circulación _____.

C. Elabora en tu cuaderno un cuadro sinóptico que reúna los diferentes tipos de vientos, su descripción y sus causas.

Instrucciones. Anota el (los) término (s) faltantes sobre las líneas correspondientes.

1. Los vientos se dirigen de zonas de _____ presión a zonas de _____ presión.
2. Los vientos de superficie de la circulación general de la atmósfera se llaman _____, _____ y _____.
3. Son vientos que invierten la dirección de forma periódica _____ y _____.
4. Son vientos de gran violencia y procedentes de regiones adyacentes al océano los _____.
5. Los choques de masas de aire de contrastante temperatura, humedad y otras características, se conocen con el nombre de _____.

INVESTIGACION. Investiga en periódicos, revistas y libros algunos efectos de fenómenos meteorológicos como ciclones, nevadas, tormentas y otros y anótalos en el siguiente espacio o pégalos. También puedes sintetizar noticias de este tipo que hayas escuchado por radio o televisión.

Capítulo 14

TIEMPO METEOROLOGICO

INSTRUMENTOS DE MEDICION METEOROLOGICA

Para poder conocer los estados de la atmósfera, se emplean instrumentos que miden y/o registran diversas cualidades. En el siguiente cuadro se concentra la información principal sobre los instrumentos más frecuentemente instalados en las estaciones meteorológicas.

Instrumento	Cualidad atmosférica medida y/o registrada	Descripción y función
TERMOMETRO	Temperatura del aire.	Instrumento que mide el grado sensible de calor. De acuerdo al rango de temperaturas que se presente, se utiliza un determinado tipo de termómetro. Por ejemplo, hay termómetros cuyo principio básico es la dilatación y contracción de un líquido (mercurio o alcohol) contenido en un tubo graduado. El termómetro de alcohol etílico se emplea cuando el rango de temperatura es de -100°C a $+100^{\circ}\text{C}$ y el de mercurio es útil para un rango de -39°C a $+600^{\circ}\text{C}$. Este último es de gran utilidad porque es más preciso que el anterior, sin embargo, en aquellas zonas de amplia oscilación térmica o extramosamente frías, no funciona. En las estaciones meteorológicas hay un termómetro de mínima temperatura, uno de máxima y otro ordinario para obtener la temperatura mínima, la mayor y la media de cada día. El de máxima consiste en un tubo que tiene un canal comunicado con un depósito de líquido mediante un fino paso que permite la comunicación del depósito al canal, pero que dificulta el regreso del líquido, marcando la temperatura más elevada en el día. El termómetro de mínima que también funciona con líquido contiene un índice de color claramente distinguible que es desplazado conforme decrece la temperatura por acortamiento de la columna de alcohol, si aumenta la temperatura y aumenta la columna, sigue conservando la posición alcanzada.

Instrumento	Cualidad atmosférica medida y/o registrada	Descripción y función
TERMOGRAFO	Temperatura del aire.	Es un termómetro con adaptaciones que le permiten registrar las temperaturas en un período dado. Consta de dos espirales de metal — soldados entre ellos y sensibles a los cambios de temperatura, las deformaciones que éstos últimos producen se registran en una gráfica a donde llega una varilla con depósito de tinta. La gráfica se encuentra cubriendo un tambor con movimiento giratorio constante durante el período considerado, al cabo del cual se cambia el termograma por una gráfica en donde se volverá a registrar la curva que representa los cambios térmicos.
BAROMETRO DE MERCURIO	Presión del aire.	Está formado por un depósito de mercurio que comunica a un tubo por el cual avanza o retrocede una columna del metal en constante equilibrio con el peso de una sección de la atmósfera que es la ubicada sobre el instrumento. La máxima presión atmosférica corresponde a la del nivel del mar y va disminuyendo en zonas donde la altitud aumenta.
BAROMETRO ANEROIDE O METALICO	Presión del aire.	Tubo o cápsula que se encuentra cerrado y en su interior se ha producido el vacío para que los cambios de presión se manifiesten lo más precisamente posible deformando el instrumento. Tiene un mecanismo multiplicador que da movimiento a una aguja indicadora colocada sobre una escala.
BAROGRAFO ANEROIDE O METALICO	Presión del aire.	Funciona bajo los mismos principios que el barómetro aneroide, pero tiene adaptado un mecanismo de registro gráfico del cual resulta el barograma de 24 horas o hasta de 7 días.
BAROTERMOGRAFO	Temperatura y presión del aire.	Registra simultáneamente la presión y la temperatura atmosféricas bajo los mismos principios de los barógrafos y los termógrafos.
VELETA	Dirección del viento.	Lámina delgada y ligera con movilidad en sentido giratorio que se instala a cielo abierto en las partes altas de las edificaciones y que indica la dirección del viento. La forma de la lámina es irregular porque en su parte posterior debe tener una mayor superficie que en la anterior.

Instrumento	Cualidad atmosférica medida y/o registrada	Descripción y función
ANEMOSCOPIO	Dirección del viento.	Está constituido por una veleta a la que está comunicada, mediante un eje, la aguja que gira sobre el disco que representa los rumbos.
ANEMOMETRO	Velocidad del viento.	Sistema de aspas que tienen platos o cazoletas y que giran por acción del viento; están comunicados al mecanismo de conteo de los giros/tiempo. El número de giros es proporcional a la velocidad del viento y por lo tanto es posible conocerla.
ANEMOGRAFO	Velocidad del viento.	Anemómetro que tiene adaptaciones para registrar en una gráfica las variaciones de velocidad del viento (anemograma) y también quedan indicados los cambios de dirección.
H I G R O M E T R O	Humedad relativa del aire.	Consta de dos termómetros que son envueltos por una fina tela húmeda y el otro por tela seca en la parte externa del depósito del líquido, la razón con que disminuye la temperatura por evaporación, depende de la humedad del aire del medio. La humedad relativa se obtiene relacionando la temperatura de ambos termómetros.
D S C O P I O	Humedad del aire.	Instrumento que se emplea para conocer la humedad del aire. Consiste en un material higroscópico que varía de longitud como cables, filamentos de cuerno o delgadas tiras de intestino; el alargamiento depende de la cantidad de humedad atmosférica. Un mecanismo multiplicador acciona la aguja que indica la humedad señalándola en un disco graduado.
I D O S	Humedad del aire.	La aguja es reemplazada por un estilete inscriptor que traza las variaciones de humedad atmosférica en una gráfica que envuelve el tambor giratorio.
NEFOSCOPIO	Dirección y velocidad de las nubes.	Instrumento de observación que permite deducir la velocidad de las nubes a partir del tiempo que emplean en pasar de una marca a otra que tiene su retícula. Si es un nefoscopio de espejo, en éste se encuentra marcada la rosa de los vientos para conocer la dirección que lleva una nube.

Instrumento	Cualidad atmosférica medida y/o registrada	Descripción y función
PLUVIOMETRO	Precipitación pluvial (lluvia).	Recipiente que recolecta el agua de lluvia por medio de un embudo cuya abertura es de 100 cm . En ocasiones está graduado el recipiente para poder observar directamente la cantidad precipitada.
PLUVIOGRAFO O HIETOGRAFO	Precipitación pluvial.	Recipiente de igual función que el pluviómetro, pero con flotador que acciona un mecanismo registrador conforme varía el nivel del agua. El mecanismo consta del estilete inscriptor y de un tambor giratorio sobre el cual se adapta el papel en el que es trazada la curva del pluviograma correspondiente.
NIVOMETRO	Precipitación nivosa.	Tubo de material metálico y colocado en posición vertical; la superficie del extremo libre es de 100 cm . El procedimiento para hacer la medición consiste en fundir la nieve para conocer el volumen de agua equivalente.
HELIOGRAFO	Radiación solar (insolación).	Instrumento que consiste en una esfera de cristal que actúa como lente, concentrando los rayos del Sol en un punto en donde se quema en parte una tira de cartón. De acuerdo al movimiento de la Tierra, el Sol va adquiriendo nuevas posiciones y en la gráfica aparecen todos los momentos del día en los que hay insolación en ese punto.

PREVISION DEL TIEMPO METEOROLOGICO

Para prever los estados del tiempo meteorológico se reúnen en las diversas estaciones de observación de la atmósfera, múltiples datos sobre ésta última, por ejemplo, de temperatura, vientos, precipitaciones y fundamentalmente de presión. Esta información es transmitida a las centrales encargadas de elaborar los mapas de las condiciones imperantes y de aquéllas que pueden presentarse en períodos cortos o largos.

Un requisito para prever los acontecimientos meteorológicos, es que se hagan observaciones simultáneas en las estaciones de manera periódica y frecuente. Actualmente se realizan 8 veces diariamente, cada 3 horas. Cuanto más abundantes sean las estaciones, mayor será la precisión de las previsiones, así que se recomienda la existencia de una estación cada 150 kilómetros de distancia entre una y otra.

También facilitan la tarea los satélites artificiales con fines de observación meteorológica que transmiten valiosa información sobre las condiciones de la atmósfera.

Los datos más útiles para realizar la previsión del tiempo son los de presión, con los cuales se trazan isobaras en los mapas meteorológicos. Una isobara es la línea que une aquellos puntos de igual presión de una zona en un mismo momento; en algunos mapas se trazan isobaras corregidas para el nivel del mar, pues las estaciones meteorológicas se encuentran a variable altitud. La magnitud de la presión existente entre una y otra isobara es generalmente de 2, 4 ó 5 milibares, el milibar equivale a 0,76 mm de mercurio de la columna barométrica, o sea, la milésima parte de un bar (unidad de presión equivalente a un millón de dinas por centímetro cuadrado, o a 1,0197 kg/cm²).

La distribución de las líneas isobáricas es la base para conocer el comportamiento de las masas de aire, por ejemplo si las isobaras son curvas cerradas que indican incremento de presión hacia la periferia del sistema de curvas aproximadamente concéntricas, indican un centro de baja presión o "depresión atmosférica" a partir de la cual muy probablemente se incie un ciclón. En cambio, si la presión disminuye notablemente hacia la periferia, se trata de un anticiclón y las masas de aire divergen en lugar de convergir, como en el anterior caso para dejar una zona característica de calma.

También la velocidad y dirección de los vientos puede preverse conociendo la separación y posición de las isobaras.

Otros mapas indican isobaras de altura o isohipsas que unen puntos de igual presión, pero no al nivel del mar, sino a variable altitud (por decámetros). De esta manera se ha podido conocer como cambia la presión con la altura y el tiempo, fenómeno conocido como "ondas planetarias".

Como pueden preverse los comportamientos dinámicos de la atmósfera, también es posible prever los fenómenos de tipo acuoso tales como condensaciones y precipitaciones a partir de datos sobre humedad, temperatura y presión. Por ejemplo, si se forma una masa de aire frío continental (masa polar) y comienza una trayectoria, se preven los puntos por los que pasará, así como las precipitaciones y las condiciones térmicas a que dará lugar.

Resulta difícil prever los estados del tiempo de manera exacta, más si son plazos largos, por ello se realiza con anticipación de un día o máximo de unos pocos días.

Los servicios meteorológicos son de gran utilidad porque se aplica en numerosas actividades, son algunos ejemplos: la agricultura, la aviación, la navegación, la pesca, el turismo y la construcción de diversas obras.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

A. Relaciona ambas columnas colocando la letra correspondiente dentro de cada paréntesis. Coloca 0 (cero) en los paréntesis sobrantes.

INSTRUMENTO	()	F U N C I O N
a) Termómetro	()	Mide la precipitación pluvial
b) Termógrafo	()	Registra simultáneamente la presión y la temperatura
c) Barómetro	()	Registra la insolación
d) Barógrafo	()	Mide la velocidad del viento
e) Barotermógrafo	()	Registra la cantidad de lluvia
f) Veleta	()	Mide el grado sensible de calor
g) Anemoscopio	()	Mide la precipitación nivosa
h) Anemómetro	()	Registra la presión del aire
i) Anemógrafo	()	Mide la presión del aire
j) Psicrómetro	(y)	Indican la dirección del viento
k) Higrómetro	(y)	Miden la humedad del aire
l) Nefoscopio	()	Registra las temperaturas en un período dado

1. El termómetro de alcohol es útil cuando el rango de temperaturas del aire es de _____ a _____ .
2. El instrumento que mide y registra la temperatura atmosféricas es el _____ .
3. La veleta es un instrumento meteorológico que sirve para _____ del viento y el anemoscopio mide su _____ .
4. Los instrumentos que miden la humedad atmosférica se llaman en forma genérica _____ .
5. El instrumento que consta de dos termómetros para medir la humedad relativa del aire se llama _____ .
6. El instrumento que registra la cantidad de lluvia se denomina _____ o _____ .
7. La radiación solar se registra por medio del _____ .
8. La dirección y la velocidad de las nubes se observa por medio del _____ .
9. La propiedad atmosférica en que se basa la previsión del tiempo meteorológico es _____ .
10. La previsión de los estados del tiempo meteorológico se anticipa para plazos de _____ duración.

OBSERVACIONES METEOROLOGICAS. Visita un observatorio meteorológico y resume a continuación lo aprendido.

Capítulo 15

CLIMA

ELEMENTOS Y FACTORES DEL CLIMA

La atmósfera de nuestro planeta y la radiación que recibe del sol, permiten la realización de variables y complejos fenómenos meteorológicos que, en promedio, constituyen el clima de cada zona y región.

El clima se compone de condiciones termodinámicas y acuosas denominadas en conjunto elementos del clima los que, a su vez, son modificados por condiciones de tipo geográfico y cósmico llamados factores del clima.

ELEMENTOS	Termodinámicos	Temperatura atmosférica Presión atmosférica Vientos
	Acuosos	Humedad atmosférica Formas de condensación atmosféricas Formas de precipitación atmosféricas
FACTORES	Cósmico	Insolación
	Geográficos	Latitud Relieve-altitud Distribución de tierras y mares Vegetación Corrientes marinas

La temperatura y la presión de la atmósfera en constante variación y contraste entre las regiones de dicha envoltura, dan lugar a los vientos y las calmas, por lo tanto son agrupados como elementos termodinámicos.

Los elementos acuosos están determinados por la participación del agua en sus tres estados físicos: gaseoso (humedad), líquido (gotas de agua de nubes, niebla y neblina) y sólido (cristales de hielo de las nubes).

Entre los elementos termodinámicos y los acuosos hay una gran relación porque unos modifican a los otros. Por ejemplo: si una masa de aire húmedo se ve sometida a movimientos ascendentes debido a una calma convectiva ascendente, primeramente experimenta enfriamiento porque en la troposfera la temperatura disminuye gradualmente a mayor altitud, transformándose el vapor de agua en gotas condensadas por el cambio térmico; esas gotas que forman nubes, posteriormente se precipitan como lluvia. A su vez la condensación cambia la temperatura por liberación del calor latente de condensación. Como este ejemplo podemos elaborar muchos más debido a la gran interdependencia entre unos y otros.

A su vez, los factores modifican los elementos del clima; el único factor de carácter externo es la radiación solar que es el verdadero motor de los fenómenos meteorológicos porque determina la temperatura y por lo tanto la presión y los vientos, ocasiona la evaporación y posibilita la condensación y la precipitación.

Los demás factores son de carácter geográfico porque los determinan las condiciones de nuestro propio planeta como: la posición con respecto al ecuador y los polos (latitud), el relieve y la altitud, la localización en una zona típicamente continental o marina, la existencia de una determinada asociación vegetal y la influencia de corrientes marinas que discurren de manera cercana. Cada uno de estos factores influye en los elementos y en todos o en algunos otros factores. Por ejemplo, la latitud modifica la temperatura y por consecuencia la presión y los movimientos, motiva o inhibe los fenómenos acuosos, pero también condiciona la cantidad de radiación, además, a diferentes latitudes hay formaciones vegetales y geomorfológicas peculiares.

En conclusión, todos los elementos y factores son determinantes en la presentación del clima porque lo constituyen y los modifican.

CLASIFICACION DE LOS CLIMAS

Son varios los sistemas de climas que han sido elaborados, pero el más empleado por su objetividad es el esquema climático según el austriaco Köppen. El mismo realizó modificaciones a su trabajo, la última en la tercera década de este siglo; a pesar de los años transcurridos todavía es muy útil, con adaptaciones de acuerdo a las condiciones locales.

Köppen se basó en los efectos que imprime el clima sobre la vegetación, en la temperatura y la precipitación.

Los grandes grupos climáticos establecidos son:

GRUPO DE CLIMAS	SIMBOLO	CARACTERISTICAS ESENCIALES
Tropical	A	Temperatura media mensual de todos los meses igual o mayor a los 18° C
Seco	B	La evaporación es mayor que la precipitación y se acentúa durante el invierno
Templado	C	La temperatura media mensual del mes más frío es mayor a los - 3° C y menos a los 10° C
Frío	D	La temperatura media mensual del mes más frío es inferior a los 10° C
Polar	E	La temperatura media mensual del mes más cálido es inferior a los 10° C

Las letras empleadas para simbolizar los tipos climáticos son: s cuando hay un período seco en verano, w si el período se da en invierno, f si quiere indicar se inexistencia de períodos secos; S representa estepa, W desierto, T tundra y F hielos perpetuos.

En el cuadro inicial de la siguiente página se concentran los tipos climáticos según Köppen.

Símbolo zona climática	Símbolo rasgos distintivos	Tipo climático	
		Símbolo	Descripción
A	f	Af	Tropical lluvioso todo el año
A	w	Aw	Tropical lluvioso en verano
B	W	BW	Seco desértico
B	S	BS	Seco estepario
C	f	Cf	Templado lluvioso todo el año
C	w	Cw	Templado lluvioso en verano
C	s	Cs	Templado lluvioso en invierno
D	f	Df	Frío con precipitaciones a través del año
D	w	Dw	Frío con precipitación en verano, seco en invierno
E	T	ET	Polar de tundra
E	F	EF	Polar de hielos perpetuos (capa de hielo glacial)

NOTA: Generalmente aparecen otros dos tipos climáticos dentro de este esquema: el tropical con lluvias monzónicas (Am) y el polar de altura (EH), pero en realidad Köppen no los separa del Aw y de los polares (ET y EF). Además Köppen denominó también continentales a los tipos climáticos fríos y moderados a los tipos templados.

Un tercer símbolo que emplea Köppen para caracterizar aún mejor cada tipo climático puede ser:

Símbolo	T e m p e r a t u r a		
a	Media mensual del mes más cálido	...	Superior a 22° C
b	Media mensual del mes más cálido	...	Inferior a 22° C
	y de 4 ó más meses	.....	superior a 10° C
c	Media mensual de 4 meses ó menos	...	Superior a 10° C
	y del mes más frío	.....	Superior a - 38° C
d	Media mensual del mes más frío	.....	Inferior a - 38° C
h	Anual	.....	Superior a 18° C
k	Anual	.....	Inferior a 18° C

Otros esquemas climáticos como el de Thornthwaite son más complejos que el de Köppen que es más simple y directo. Thornthwaite estableció un índice de efectividad de precipitación- evaporación quedando un total de 120 diferentes tipos climáticos.

Otro sistema de tipo más bien meteorológico que geográfico y que explica el el clima de regiones específicas es el de H. Landsberg conocido como sistema climático genético porque intenta explicar las causas y no solamente los efectos. Se basa en el comportamiento de las masas de aire en circulación primaria y secundaria, dentro de la primaria quedan comprendidos los ciclones migratorios, los anticiclones cuasi-estacionarios, la convergencia ecuatorial y combinaciones de los anteriores. Como rasgos de la circulación secundaria o estacional quedan comprendidos los monzones y para denotar influencias superficiales se —

considera la continentalidad, los océanos y las montañas.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

A. Contesta las siguientes preguntas:

a) ¿Cuál es la relación entre tiempo meteorológico y clima?

b) ¿Cuál es el procedimiento general para prever los estados del tiempo meteorológico?

c) ¿En qué se basan los climatólogos para clasificar los climas?

d) ¿Cuál es la utilidad de conocer las características atmosféricas de una región de la Tierra?

1. Los elementos termodinámicos del clima son _____, _____ y _____ .
2. El factor cósmico del clima es la _____ .
3. Las condiciones del planeta que modifican el clima, se les conoce como - factores _____ .
4. Los símbolos de las zonas climáticas son letras mayúsculas de la ___ a la ___ .
5. El sistema climática más empleado es aquél ideado por _____ .

INVESTIGACION. Investiga en bibliografía especializada, la influencia del clima en las actividades de la población. Sintetiza en el siguiente espacio tu información.

Respuestas

- 1
1 - b
2 - c
3 - c
4 - b
5 - c
6 - c
7 - d
8 - a
9 - d
10 - c

- 2
1 - d
2 - d
3 - c
4 - c
5 - b
6 - c
7 - b
8 - d
9 - d
10 - c

- 3
1 - c
2 - b
3 - b
4 - a
5 - d
6 - b
7 - b
8 - a
9 - a
10 - b
11 - b
12 - c
13 - c
14 - b
15 - d
16 - a
17 - c
18 - c
19 - d
20 - d

- 4
1 - c
2 - c
3 - a
4 - b
5 - d
(9)
(8)
(10)
(6)
(7)

- 5
1 - d
2 - b
3 - d
4 - c
5 - c
(10)
(11)
(2)
(13)
(9)
(14)
(15)
(6)
(12)
(8)

- 6
1. Azoica
2. Proterozoica
3. Misisípico y Pensilvánico, Proterozoica
4. Cámbrico, Paleozoica
5. Silúrico, Paleozoica
6. Pérmico, Paleozoica
7. Jurásico, Mesozoica
8. Cretácico, Mesozoica
9. Eoceno
10. Holoceno y Pleistoceno, Cuaternario, Cenozoica
(2) (3) (4) (1) (0) (0) (5)

7

6, 8 y 10
4, 7 y 9
1
5
2
3

- 8
1. Pluvial
2. Fluvial
3. Eólica
4. Glacial
5. Disolución
6. Pluvial
7. Fluvial
8. Glacial
9. Eólica
10. Oscilación térmica y gelifracción

3, 5 y 8
1, 3 y 10
3, 4, 7 y 10
2, 4 y 6

- 9
1. Radiación solar, calor atmosférico por convección, energía geotérmica, energía cinética (movimientos) o procesos químicos y biológicos.
2. Cloruro de calcio y cloruro de magnesio.
3. La geomorfología marina, los aportes de agua fluvial y pluvial, la evaporación, la formación de hielo o la circulación del agua y el mezclado.
4. Temperatura y salinidad.
5. El viento
6. La Fuerza de Coriolis
7. La evaporación y la radiación emitida por el agua.
(8) (9) (10)

10	11	12
1- c	1. La energía solar	(7 y 8)
2- c	2. Estado físico, agua	(5 y 9)
3- d	3. Los océanos, los depósitos continentales	(2)
4- c		(1)
5- d	4. Los océanos	(10)
(7)	5. El condicionamiento ambiental	(6)
(9)		(3)
(6)		(4)
(10)		
(8)		

- 13
1. Mayor, menor
 2. Alisios, del Oeste, Polares
 3. Monzones, brisas
 4. Ciclones
 5. Frentes.

- 14
1. -100 .C, +100 C
 2. Barógrafo
 3. Indicar la dirección, velocidad
 4. Higroscopios
 5. Psicrómetro
 6. Pluviógrafo, hietógrafo
 7. Heliógrafo
 8. Nefoscopio
 9. La presión
 10. Corta

- 15
1. Temperatura, presión y vientos
 2. Insolación
 3. Geográficos
 4. A, E
 5. Köppen o Koeppen

GLOSARIO

PARTE I Antecedentes al estudio del planeta

CAPITULO 1 CAMPO DE ESTUDIO Y DEFINICION DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

1. **Biosfera.** Región de la Tierra propicia para el desarrollo de los seres vivos; incluye la hidrosfera, la parte baja de la atmósfera y la parte superficial de la corteza.
2. **Calor específico.** Cantidad de calor requerido para incrementar la temperatura de una unidad de masa de cualquier sustancia un grado centígrado. El agua — tiene un calor específico igual a 1 y todas las otras sustancias líquidas o — sólidas tienen un valor menor a la unidad.
3. **Caudal.** Volumen de agua que pasa por una sección transversal de un río durante un determinado período, por ejemplo, en un segundo.
4. **Ciclo biológico.** Sucesión ininterrumpida y ordenada de fenómenos relacionados con el crecimiento y desarrollo de los seres vivos.
5. **Compresión.** Mecanismo y estado de las sustancias que ocasiona una disminución de distancia entre sus componentes.
6. **Cristal.** Construcción rígida de numerosos átomos con una estructura particular según el mineral a que pertenece.
7. **Ecológico, ca.** Relacionado con la Ecología, ciencia geográfico-biológica que trata de la interacción de los seres vivos con su medio ambiente.
8. **Electricidad.** Propiedad de la materia relacionada con las cargas eléctricas, las cuales son determinadas por el comportamiento de los electrones de los elementos químicos, en contraste con las demás partículas atómicas.
9. **Falla.** Deslizamiento de un bloque de la corteza, precedido por su fracturamiento.
10. **Fósil.** Vestigio de un ser vivo existente en épocas geológicas pasadas, puede contener o no materia orgánica del ser original. Por ejemplo, impresiones y moldes no poseen materia orgánica, encambio, hay fósiles cubiertos de materiales que los conservaron como el ámbar.
11. **Fracturamiento.** Rompimiento del terreno sin desplazamiento de los bordes.
12. **Gravedad.** Propiedad de atracción de los astros sobre aquellos cuerpos localizados en sus inmediaciones y que tienden al acercamiento hacia el centro de dichos astros.

13. **Índice de refracción.** Refracción es el cambio de dirección de las ondas, - como son las luminosas, que pasan de un medio a otro de diferente densidad. El índice de refracción resulta de dividir el seno del ángulo incidente en las rocas, entre el seno del ángulo refractado (luz desviada).
14. **Ión.** Partícula (s) atómica (s) con carga eléctrica positiva o negativa — por ganancia o pérdida de electrones.
15. **Magnetismo.** Propiedad de los materiales que consiste en la atracción y repulsión de substancias afines.
16. **Mineral.** Compuesto químico formador de rocas, generalmente sólido y siempre de origen natural.
17. **Ondas sísmicas.** Oscilaciones periódicas resultantes de las perturbaciones que experimentan los materiales del manto externo y de la corteza terrestre.
18. **Plegamiento.** Ondulamiento de los estratos sedimentarios a causa de empujes laterales (movimientos horizontales).
19. **Potencialidad de los océanos.** Magnitud del aprovechamiento futuro posible de los recursos oceánicos de acuerdo a sus características presentes.
20. **Rayo.** Electrometeoro formado por una serie de descargas eléctricas sucesivas producidas entre las nubes y el suelo.
21. **Régimen Fluvial.** Conjunto de variaciones estacionales que sufre el caudal - de un río.
22. **Relieve.** Conjunto de irregularidades de la corteza terrestre resultantes - de la disposición variable de sus materiales (rocas y sedimentos).
23. **Roca.** Conjunto de agregados minerales sólidos de origen natural que participan en la composición de la Tierra.
24. **Satélite meteorológico.** Ingenio construido por el hombre, de muy variables características según sus funciones y que gravita alrededor de un cuerpo — central. Explora fundamentalmente los fenómenos atmosféricos.
25. **Suelo.** Capa de partículas de diversa naturaleza y origen que puede sustentar vida vegetal.
26. **Telúrica, geoelectricidad.** Estudio de las corrientes eléctricas de los materiales rocosos de la Tierra en base a su conductividad y a los efectos — que ocasiona en ellas el magnetismo del planeta.
27. **Temperatura.** Estado de la materia sometido a cambios según sea la energía cinética media de sus partículas (movimiento).
28. **Tensión.** Estado de los materiales que se mantienen exentos de compresión.
29. **Transmutación radiactiva.** Transformación del núcleo de un elemento químico en otro más ligero o más pesado por pérdida o ganancia de partículas.

CAPITULO 2 GENERALIDADES DEL UNIVERSO

30. **Bóveda celeste.** Aspecto que ofrecen los astros en el espacio que rodea a un observador en la Tierra. También se le denomina firmamento.
31. **Gravitar.** Acción de un astro de permanecer en atracción con otros(s) astro(s).
32. **Luz.** Radiación electromagnética visible. La región del espectro que puede - captar el ojo humano se encuentra entre las frecuencias de 4 000 y 7 200 — angstroms.

33. **Nebulosa.** Concentración irregular de polvos y/o gases cósmicos compuestos - principalmente por elementos simples y cantidades menores de radicales y moléculas.
34. **Parsec.** Medida astronómica que equivale angularmente a un segundo, pero linealmente es igual a $3,086 \times 10^{13}$ km (3,26 A.L.). El ángulo formado es tan pequeño y la distancia tan grande porque son considerados a partir de una estrella imaginaria desde donde podría observarse el radio de la órbita terrestre con dicha abertura de un segundo. El kiloparsec es un múltiplo del parsec y equivale a mil de ellos, por su parte el megaparsec es igual a un millón de parsecs.

CAPITULO 3 EL SISTEMA SOLAR

35. **Centro de gravedad común.** Punto en torno al cual giran simultáneamente dos ó más astros. La distancia de cada astro con respecto a ese punto depende de su masa.
36. **Convección solar.** Mecanismo de propagación de la energía producida por el Sol y otras estrellas mediante bruscos movimientos del plasma que lo forma (gases ionizados).
37. **Coronógrafo.** Instrumento astronómico cuya función es ocultar el brillante disco solar para poder observar la atmósfera del astro, particularmente la corona y los fenómenos eruptivos que se extienden en ella, provenientes de la cromosfera (protuberancias).
38. **Cuadratura.** Posición relativa de la Luna con respecto a la Tierra y el Sol formando un ángulo recto. Durante la cuadratura la Luna se presenta en fases de cuarto creciente y cuarto menguante.
39. **Diámetro aparente.** Medida angular de los astros que tienen contornos apreciables. Por ejemplo, el diámetro aparente del Sol es de $32' 32''$ y comprende de los extremos de su ecuador desde un punto en la Tierra (observador).
40. **Difracción.** Fenómeno que experimentan diversas clases de ondas, inclusive las luminosas las cuales se desvían en torno a un obstáculo interpuesto en su camino. Esto ocasiona la distorsión de las imágenes telescópicas.
41. **Electronvoltio.** Unidad empleada en Física equivalente a la energía cinética que adquiere un electrón atraído por la diferencia de potencial de un voltio. Un electronvoltio es igual a $1,6 \times 10^{-12}$ ergio y un megaelectronvoltio es igual a un millón de electronvoltios.
42. **Energía radiante del Sol.** Ondas y partículas energéticas producidas por el Sol y que se propagan a su alrededor.
43. **Ergio.** Unidad de trabajo igual a una dina/centímetro. La dina es aquella fuerza que se requiere para incrementar la velocidad de un gramo de masa en un segundo, un segundo/centímetro.
44. **Focos de la elipse.** Puntos equidistantes de la elipse localizados en su eje mayor y a tal distancia uno de otro, que la distancia de cada uno de los puntos del perímetro elipsoidal hacia dichos focos, puede ser expresada por una fórmula matemática.
45. **Fuerza centrífuga.** Fuerza que tiende a despedir a un cuerpo de su órbita curva a lo largo de una tangente.

46. **Gauss.** Unidad de medida de la inducción magnética equivalente al oersted — (campo magnético producido en el vacío por la unidad de polo magnético a la distancia de un centímetro).
47. **G2.** Clase espectral del Sol que se le asignó por las características de sus materiales las que han podido ser interpretadas a partir del análisis de su luz. Algunas de ellas son: color amarillo y temperaturas superficiales de $4\ 500^{\circ}$ a $6\ 000^{\circ}$ C.
49. **Magnitud absoluta del Sol.** Brillo del Sol considerándolo a 32,6 A.L. de distancia de la Tierra, al igual que a todas las estrellas para hacer comparaciones reales. El Sol tiene un valor de + 4,72 y la mayoría de las estrellas tienen magnitudes comprendidas entre - 5 y + 15; cuando el signo es negativo, el brillo es mayor que cuando el signo es positivo.
50. **Magnitud aparente del Sol.** Brillo que presenta el astro para un observador sin realizar correcciones de acuerdo a la distancia, ni de las características del receptor, o de los polvos y gases cósmicos interpuestos. El receptor puede ser el ojo o instrumentos astronómicos. El Sol, por estar tan cerca, es el astro más brillante para nosotros y por lo tanto se le ha asignado un valor de - 26,88, dato obtenido por métodos fotovisuales.
51. **Orbita planetaria.** Trayectoria curva que sigue un planeta en torno al Sol y que por lo tanto, es cerrada.
52. **Revolución.** Movimiento que realizan los astros siguiendo una órbita elíptica alrededor de otro astro. Por ejemplo, la Tierra revoluciona alrededor — del Sol y la Luna alrededor de la Tierra.
53. **Revolución sideral de la Luna.** Período que emplea la Luna en trasladarse en torno a la Tierra para volver a ubicarse en la misma posición sobre su órbita frente a la misma estrella "fija" elegida como referencia. Dura 27 días, 7 horas, 43 minutos y 11,5 segundos.
54. **Revolución sinódica de la Luna o lunación.** Período que emplea la Luna en trasladarse en torno a la Tierra para volver a ubicarse en la misma posición sobre su órbita frente al mismo punto del Sol. Dura 2 días, 5 horas y 51,4 segundos más que la revolución sideral por lo tanto es de 29 días, 12 horas y 2,9 segundos.
55. **Sicigias.** Momentos en que la Luna se ubica sobre la misma línea imaginaria — en que también se encuentran la Tierra y el Sol. Estas posiciones permiten — la realización periódica de fenómenos como las mareas vivas y los eclipses, — junto con otras circunstancias. Las fases correspondientes son Luna Nueva y Luna Llena.
56. **Sismógrafo.** Instrumento que mide y registra las ondas sísmicas durante las — sacudidas que experimenta el terreno por causas internas (tectonismo). Con— siste en un bastidor, una pesa sostenida por éste y un estilete inscriptor — que llega a una faja de papel adaptada al tambor registrador. Todo el instru— mento es fijado a las rocas del relieve para registrar solamente uno de los — componentes del sismo, ya sea vertical u horizontal.
57. **Velocidad angular.** Distancia recorrida por un objeto en movimiento giratorio en un determinado período. Los valores se dan en grados y/o fracciones de és tns sobre tiempo. Por ejemplo, el movimiento de rotación sidéreo terrestre — es de 360 /24 horas.

58. Watt o vatio. Unidad de potencia que equivale a un julio/segundo ó a 10 millones de ergios/segundo.

CAPITULO 4 CARACTERISTICAS GEODESICAS Y ASTRONOMICAS DE LA TIERRA

59. Tablas logarítmicas. Series de valores que indican exponentes de aquellas potencias a que se elevan números base, que es generalmente el 10. Estas tablas simplifican notablemente los cálculos, por ejemplo, el logaritmo de 100 es 2 - porque este número es el exponente de 10^2 , o sea 100.
60. Telescopio. Instrumento astronómico de tipo óptico empleado para observar los astros con mayor eficacia que el ojo humano. Los principios aplicados son la refracción y la reflexión de la luz procedente de ellos mediante un sistema de lentes y espejos.

PARTE II Estructura de la Tierra

CAPITULO 5 ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

61. Andesita. Roca ígnea extrusiva equivalente a la diorita (intrusiva); es una mezcla de plagioclasa, augita, anfíbol y mica.
62. Anfíbol. Familia de numerosos silicatos con aluminio, sodio, hierro, magnesio, calcio, etc. Los tres grandes grupos de anfíboles son los aluminíferos, alcalinos y no aluminíferos.
63. Basalto. Roca ígnea extrusiva de color oscuro (negro) formada a partir de lavas muy fluídas de composición básica: feldespto plagioclásico, augita, magnetita y hornblenda.
64. Biotita. Familia de minerales constituidos por láminas delgadas de mica (negra o blanca), a su vez compuestas de silicatos de aluminio y potasio, a veces con hierro y magnesio.
65. Configuración electrónica de los elementos. Número de electrones que tienen los átomos y que normalmente varía para cada elemento, así como su distribución en capas o niveles. De esta configuración dependen las combinaciones o enlaces entre los elementos para formar compuestos químicos.
66. Cortical. Relativo a la corteza terrestre.
67. Cuarzo. Mineral más frecuente en las rocas de la corteza compuesto de silicio y oxígeno (SiO_2). Forma numerosas variedades impuras (coloreadas) como el cuarzo amatista (violeta), citrino (amarillo), hematideo (rojo), prasio (verde), azul y rosado.
68. Desintegración radiactiva. Transformación espontánea de un elemento en otro por pérdida de partículas inestables del núcleo atómico.
69. Diabasa. Roca ígnea extrusiva similar al gabro y la diorita que se compone de plagioclasa, augita y olivino o cuarzo.
70. Discontinuidad. Zona de la estructura interna del planeta que separa dos capas de características físicas contrastantes. Las dos discontinuidades mayores separan: al núcleo del manto y al manto de la corteza terrestre.

71. **Equilibrio isostático.** Nivel temporal que sostienen los bloques del SIAL que flotan sobre el SIMA (capa cortical de mayor densidad que la envoltura sílica).
72. **Esquistos.** Roca sedimentaria que se forma a partir de partículas muy pequeñas (arcillas) que se consolidan bajo fuertes presiones. También son llamadas así las rocas metamórficas como las filitas y los talcoesquistos (esquistos cristalinos).
73. **Feldespatos.** Mineral compuesto por silicatos de alúmina en combinación con otros metales. Por ejemplo, la ortoclasa es un feldespato de potasio.
74. **Gabro.** Roca ígnea extrusiva de grano grueso y color moteado que se compone de minerales ferromagnesianos y plagioclasas.
75. **Gneis.** Roca metamórfica de origen ígneo compuesta por los mismos minerales que su predecesora (roca granítica) como el cuarzo, los feldespatos y la mica.
76. **Granito.** Roca ígnea intrusiva de baja densidad y composición ácida (cuarzo, mica y feldespatos).
77. **Granodiorita.** Granito compuesto predominantemente de plagioclasas, más que de una cierta variedad de feldespato llamada ortosa (aluminosilicato de potasio).
78. **Hornblenda.** Anfíbol de alúmina y óxido ferroso principalmente, pero también contiene calcio y magnesio.
79. **Mármol.** Roca metamórfica de origen sedimentario (caliza o dolomita), que se compone de carbonato de calcio esencialmente o de carbonato doble de calcio y magnesio.
80. **Olivino.** Mineral frecuente en rocas ígneas extrusivas, su composición consiste en silicio, oxígeno, magnesio y hierro.
81. **Ortoclasa.** Sinónimo de ortosa.
82. **Pizarra.** Roca del grupo de los esquistos formada a partir de lodos arcillosos.
83. **Plagioclasa.** Mezcla de feldespatos sódicos y calizos, o sea de sodio y calcio, que componen principalmente rocas ígneas extrusivas. Las rocas compuestas por estos minerales se transforman en arcillas por hidrólisis.
84. **Piroxenos.** Familia de minerales característicos de las rocas ígneas extrusivas. Se componen de silicatos de calcio, magnesio y hierro. Los piroxenos rómbicos no tienen aluminio y los clinopiroxenos si contienen ese metal, como diferencia.
85. **Riolita.** Roca ígnea extrusiva que se forma de ortosa y cuarzo. Hay riolitas potásicas y sódicas.
86. **Textura.** Característica física de las rocas derivadas de la disposición y tamaño de sus cristales. Hay texturas granudas, microgranudas, microlíticas y vítreas.
87. **Textura microlítica.** Apariencia de las rocas formadas por una mezcla de cristales macroscópicos y cristales microscópicos.
88. **Vesicularidad.** Sistema de cavidades que presentan las rocas coherentes.

CAPITULO 6 HISTORIA GEOLOGICA

89. Ciclo Alpino (Orogenia Alpina). Formación de los Alpes y otras montañas de plegamiento debido a eventos tectónicos periódicos.
90. Ciclo Herciniano. Conjunto de plegamientos acompañados de actividad volcánica y formados durante varios períodos de la era Paleozoica (Misisípico, — Pensilvánico y Pérmico), en regiones europeas.
91. Ciclo Huroniano. Lapso comprendido entre — 800 y — 500 años (el signo indica tiempo atrás), es decir, con una duración de 300 millones de años en los cuales se originan rocas como calizas, cuarcitas y esquistos. El plegamiento experimentado por las rocas huronianas fue realmente escaso.
92. Cuarcita. Roca sedimentaria o metamórfica compuesta casi totalmente de cuarzo. Las de origen sedimentario se forman de arenas cementadas y las de origen metamórfico se desarrollan entre micaquistos y gneis.
93. Fuerza de tracción. Magnitud física que ocasiona movimiento en sentido contrario a la resistencia de los materiales implicados.
94. Fusión. Proceso físico que consiste en la transformación de objetos sólidos en sustancias líquidas o semilíquidas. Tal es el caso de las rocas de aquellas regiones de las placas tectónicas que chocan para hundirse hacia el manto, en donde son muy elevadas las temperaturas y hay, por lo tanto, regeneración de magma.
95. Glaciación. Lapso en que la atmósfera de la Tierra experimenta un notable enfriamiento que origina la aparición y el aumento de las masas de hielo del planeta (glaciares).
96. Petrificación. Acción formadora de rocas.
97. Placa tectónica. Porción litosférica de grandes dimensiones: de miles a millones de kilómetros cuadrados de superficie y de pocas decenas de espesor.
98. Regresión eustática. Retroceso de las aguas marinas y por lo tanto aparición de nuevas zonas emergentes que se encontraban anteriormente sumergidas.
99. Transgresión eustática. Avance de las aguas oceánicas que entonces pueden cubrir zonas continentales e insulares.

CAPITULO 7 FUERZAS TECTONICAS

100. Aguas termales. Aguas subterráneas con temperatura elevada debido al calor interno de la corteza terrestre. Son propias de regiones volcánicas y afloran en manantiales.
101. Fumarola. Emisión gaseosa por grietas presentes en la parte exterior de los edificios volcánicos; las fumarolas se componen de diversas sustancias: agua, cloruros, fluoruros o hidrocarburos.
102. Geiser. Emisión de agua líquida y gaseosa de carácter intermitente, típica de regiones volcánicas. Surge de grietas y depósitos formados entre las rocas y donde la temperatura es mayor al punto de ebullición del agua. Los geiseres también pueden contener gas sulfuroso y otra de sus características es que forman concreciones silíceas en el exterior (rocas llamadas geiseritas).
103. Límite de elasticidad. Momento en que los materiales se deforman sin la posibilidad de recuperar su forma anterior debido a una aplicación excesiva de fuerza.

- 104. **Magnitud escalar.** Valor numérico que pertenece a un conjunto de expresiones también numéricas y que carecen de dirección, a diferencia de las magnitudes vectoriales como la fuerza. Son ejemplos de magnitudes escalares los valores de temperatura, volumen e intensidad sísmica.
- 105. **Profundidad focal.** Distancia que hay entre la vertical del punto donde se origina un sismo, hasta la superficie.
- 106. **Sinclinal.** Parte de un pliegue cortical en forma de hundimiento.
- 107. **Sismicidad.** Frecuencia con que se presentan los sismos en una determinada región.
- 108. **Solfataras.** Mezcla de gases emitidos por volcanes cuya actividad ya disminuida, tiende a desaparecer. Se compone de vapor de agua, gas carbónico e hidrógeno sulfurado.

CAPITULO 8 FUERZAS DEGRADANTES DEL RELIEVE TERRESTRE.

- 109. **Aluvial.** Relativo a los sedimentos transportados por los ríos que reciben el nombre genérico de aluviones. Por ejemplo, llanura aluvial es una forma plana del relieve formada por el depósito de dichas partículas sedimentarias.
- 110. **Bad lands.** Formas resultantes de la erosión pluvial que aparecen como barrancas profundas o hendeduras. Generalmente inician su formación debido a la eliminación de la vegetación natural y también a las actividades realizadas como el cultivo y el pastoreo. En ellas el suelo ha sido totalmente eliminado.
- 111. **Badén.** Depresión o zanja producida por el agua de lluvia que escurre abruptamente en zonas alteradas por el hombre.
- 112. **Cañón.** Depresión alargada producida en el relieve por un río con la acción conjunta de tectonismo (ascenso general) en regiones de rocas sedimentarias.
- 113. **Cárcava.** Forma erosiva resultante de la acción degradante de la lluvia sobre los suelos dejando surcos y pequeños montículos intermedios.
- 114. **Cauce.** Lecho rocoso por donde discurren los ríos y los arroyos y que es labrado por la acción mecánica y química de dichas corrientes.
- 115. **Corración.** Proceso erosivo que destruye gradualmente las rocas de regiones en general áridas, por el choque de las arenas impulsadas por el viento.
- 116. **Fiordo.** Rasgo geomorfológico producido por erosión glacial. Es un valle glacial inundado por las aguas marinas y aparece como un golfo angosto y profundo.
- 117. **Horn.** Forma alpina resultante de la erosión glacial. Es una prominencia angular producida por la acción de dos ó más depósitos de hielo alojados en las concavidades de las porciones altas de las montañas (circos), a partir de los cuales discurren los glaciares pendiente abajo.
- 118. **Morrena.** Depósito de rocas y sedimentos transportados por los hielos glaciales; pueden ser bloques de toneladas de peso, hasta gravas, arenas y limos.
- 119. **Oxidación.** Fijación de oxígeno que experimentan las substancias. Es muy frecuente en los minerales metalíferos.
- 120. **Reacción hidrolítica.** Transformación química de las substancias con la participación del agua, la cual también se descompone en átomos de hidrógeno y radicales OH.

121. Valle. Forma erosiva labrada por ríos y glaciares en su trayecto hacia las partes bajas del relieve. Es una depresión en forma de V si es de origen fluvial (ocasionada por ríos) y en forma de U si es de origen glacial.

PARTE III Hidrosfera

CAPITULOS 9 y 10 AGUAS OCEANICAS Y AGUAS CONTINENTALES

122. Batitermógrafo. Instrumento empleado por los oceanógrafos para medir y registrar la temperatura del agua a variables profundidades. Considera la presión para determinar la profundidad y poder hacer interrelaciones con la temperatura.
123. Cation. At9mo o conjunto de átomos con carga eléctrica positiva por pérdida de uno ó varios electrones.
124. Desertificación. Proceso que transforma una zona más bien húmeda en zona seca con características prototipo de desierto.
125. Disolución. Mezcla de sustancias resultante de la acción disolvente de un líquido, generalmente por acción del agua.
126. Efecto adiabático. Transformación de las características físicas de las masas de aire de la atmósfera sin participación directa de los rayos solares, sino por expansión y compresión del aire seco. Si es aire húmedo, el efecto que se desarrolla es denominado pseudoadiabático.
127. Energía geotérmica. Calor suministrado por los materiales terrestres internos, incluyendo los fluidos subterráneos (aguas termales y vapor de agua) - que se aprovechan como fuente de energía.
128. Gradiente. Variación proporcional de una magnitud física, como por ejemplo la temperatura de la atmósfera, de la corteza y del agua marina. Tratándose de la corteza, se le conoce como gradiente geotérmico.
129. Gravedad específica o densidad. Cantidad de masa de las sustancias en comparación con una masa de agua pura a 4° C, con la condición de que ambas ocupen un igual volumen. El valor asignado al agua pura es igual a la unidad y aquellas sustancias poco densas tienen valores menores a la unidad.
130. Intermitente. Calidad de variable y periódico. Por ejemplo los arroyos lo son por tener agua una temporada y estar secos otro período.
131. Perenne. Permanente. Por ejemplo, río perenne es aquella corriente que tiene agua todo el año.
132. Permeabilidad. Capacidad de los terrenos para absorber o dar paso a los fluidos líquidos y gaseosos. De esta cualidad depende en gran parte la formación de corrientes y depósitos de agua subterránea.
133. Porosidad. Cantidad de huecos comprendidos entre las partículas de materiales sólidos como las rocas. Esta característica es básica para la permeabilidad de una zona de la corteza y también de ella depende la compresión y dilatación de las rocas como parte del proceso destructivo llamado oscilación térmica (intemperismo mecánico).
134. Zona subtropical. Faja de la Tierra que se extiende en zonas de latitudes medias, es decir, alrededor del Trópico de Cánceres (hemisferio norte) y del Trópico de Capricornio (hemisferio sur).

CAPITULO 11 CICLO HIDROLOGICO

135. Energía calorífica. Trabajo realizado por incrementos térmicos, es decir, por la acción de ondas caloríficas.
136. Energía cinética. Trabajo realizado por aquellos objetos en movimiento. Por ejemplo, los ríos y cascadas desarrollan este tipo de energía por el movimiento de sus aguas hacia las depresiones del relieve.
137. Energía mecánica. Capacidad de realizar trabajo de los materiales en movimiento o con posibilidad de movimiento. Comprende dos tipos de energía: la cinética y la potencial.
138. Energía potencial. Tipo de energía mecánica almacenada por los materiales y que liberan al iniciar y aumentar su movimiento, transformándose en energía cinética.

PARTE IV Atmosfera y clima

CAPITULOS 12 y 13 CAPAS DE LA ATMOSFERA Y LOS FENOMENOS METEOROLOGICOS

139. Calor de condensación. Calorías producidas por la transformación de un gas en líquido. Este es el caso de la formación de nubes y otras condensaciones porque el vapor de agua de la atmósfera se convierte en pequeñas gotas por enfriamiento, liberando calorías.
140. Calor latente de vaporización. Cantidad de calorías por unidad de masa que son requeridas para que una sustancia líquida se transforme en gas. Por ejemplo, el calor latente de vaporización del agua es de 539 cal/g.
141. Nivel eléctrico. Cada una de las capas o envolturas que constituyen la ionosfera, compuestas de iones positivos, electrones libres y átomos neutros de oxígeno y nitrógeno (moleculares y diatómicos) en las partes bajas de esa gran capa de la atmósfera, además hay partículas de hidrógeno y helio en las partes altas.
142. Radiación infrarroja. Ondas invisibles para el ojo humano emitidas por materiales a elevada temperatura; las longitudes de onda comprendidas van de los 8 000 angstroms, hasta 0,1 milímetros.
143. Radiación visible. Ondas electromagnéticas visibles al ojo que se propagan a la velocidad de 300 000 km/s. Se les llama luz y las longitudes de onda comprendidas van de 0,0004 y 0,0007 milímetros.
144. Radiodifusión. Producción y radiación de ondas electromagnéticas (ondas de radio) que alcanzan la ionosfera y que son reflejadas por sus niveles eléctricos, lo cual hace posible que sean captadas por radiorreceptores.
145. Rayos gamma. Emisión de fotones altamente energéticos desde núcleos de transmutación; por su gran energía son capaces de penetrar profundamente en la materia.
146. Rayos X. Radiación comprendida entre los 0,01 y los 20 angstroms del espectro electromagnético. Es producida por el choque repentino de los rayos catódicos en la materia que consisten en una haz de electrones emitidos por el cátodo y atraídos por el ánodo.

APENDICE A

Ciclo Geoquímico

Los materiales terrestres participan en el ciclo geoquímico en el que se desarrollan constantes transformaciones de energía que son verdaderos promotores de los cambios que experimentan dichos materiales.

Las mayores fuentes de energía son: radiación solar, energía mecánica (cinética y potencial), energía de reacción, energía nuclear y calor interno del planeta.

La radiación solar permite que la Tierra adquiera anualmente $6\ 750 \times 10^{20}$ calorías, de las cuales el 0,1% lo utilizan las plantas para la fotosíntesis, un 15% es absorbido por el planeta y el resto evapora el agua de la hidrosfera. Es evidente que esta energía promueve numerosos fenómenos interactuantes con la hidrosfera, la biosfera, la atmósfera y la corteza.

Aún la rotación terrestre es fuente de energía cinética porque influye en la producción, dirección e intensidad de los vientos y de las mareas. Estas últimas son producidas fundamentalmente por otros astros (Luna y Sol) y no por la Tierra, pero la energía disipada sí es terrestre (retraso de la rotación un segundo cada mil años).

La energía de reacción también se evidencia en los procesos geológicos, por ejemplo, las reacciones exotérmicas en la cristalización del magma y las reacciones endotérmicas en el metamorfismo de las rocas.

Por su parte, la energía nuclear se transforma en calor por conversión de masa de los elementos radiactivos en energía. Generan importantes cantidades de calor el uranio 238, el uranio 235, el torio 232 y el potasio 40. Se ha estimado que un gramo de roca granítica genera 7 calorías cada millón de años y un gramo de roca basáltica 1,1 calorías en un período igual.

Constantemente el planeta pierde calor por conducción, en un año escapan 3×10^{20} calorías por medio de ese proceso y también por erupciones volcánicas, ya que por cada gramo de lava que se enfría son perdidas 400 calorías al año; se calcula que anualmente son emitidos 3×10^{15} gramos de lava.

Por otra parte, durante los procesos metamórficos, la energía termal y gravitacional se convierten en energía química, pero con incrementos térmicos notables, aumenta la energía cinética de átomos neutros o con carga eléctrica (iones) para producir descomposición o fusión de las rocas. Así, podemos notar que se completa un ciclo de formación y descomposición de las rocas, cuyos promotores esenciales son las desintegraciones radiactivas y el calor interno de la Tierra.

Como una manifestación verdaderamente extraordinaria de la materia, conjugada con la energía en cantidades suficientes y con cualidades especiales, la vida pudo originarse en nuestro planeta en un medio ambiente tan antiguo como miles de millones de años. Las condiciones que fueron sucediéndose desde entonces han permitido la evolución de numerosas especies, incluyendo al hombre. Actualmente son muchas las propiedades físicas, químicas y físico-químicas de la Tierra como un todo o como un ambiente específico, que permiten nuestra sobrevivencia; algunos ejemplos notables son: agua como líquido vital para los organismos, aire para efectuar funciones como la respiración, temperaturas que permiten reacciones de las sustancias orgánicas de los seres vivos, ni muy bajas como se presentan en otros planetas, protección de radiaciones letales que son absorbidas por los materiales atmosféricos.

Podemos afirmar que nuestro planeta es un verdadero sistema de capas cuyos componentes se encuentran en constante transformación debido a diferencias de energía y al flujo de ésta en el ciclo geoquímico.

APENDICE *B*

GRAVEDAD ESPECIFICA Y DUREZA DE ALGUNOS MINERALES IMPORTANTES			
Mineral	Composición	Gravedad específica	Dureza
Apatita	Fosfato de calcio	3,1 a 3,2	5
Aragonita	Carbonato de calcio	2,9	3½ a 4
Asbesto	Silicato básico de magnesio	2,2	2 a 5
Bauxita	Oxidos hidratados de aluminio y hierro	2 a 2.5	1 a 3
Biotita	Micas ferromagnésicas	2,8 a 3,2	2½ a 3
Calcita	Carbonato de calcio	2,7	3
Clorita	Silicatos básicos de aluminio, magnesio, hierro y cromo	2,6 a 2,9	2 a 2½
Cobre	Cobre (en estado nativo)	8,9	2½ a 3
Corindón	Sesquióxido de aluminio	4	9
Cuarzo	Bióxido de silicio	2,7	7
Diamante	Carbono	3,5	10
Dolomita	Carbonato de calcio y magnesio	2,8	3½ a 4
Fluorita	Fluoruro de calcio	3,2	4
Galena	Sulfuro de plomo	7,5	2½
Granate	Mezcla de silicatos con magnesio, hierro, manganeso o calcio	3,5 a 4	6½ a 7½
Grafito	Carbono	2,3	1 a 2
Halita	Cloruro de sodio	2,1	2½
Hornblenda	Silicato complejo con sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro	3,2	5 a 6
Limonita	Hidróxido de hierro	3,6 a 4	5 a 5½
Magnetita	Oxido de hierro ferroso-férrico	3 a 3,2	3½ a 5
Moscovita	Silicato básico de aluminio y potasio	2,7 a 3	2 a 2½
Olivino	Neosilicato de magnesio y hierro	3,2 a 4,3	6½ a 7
Opalo	Sílice hidratada coloidal	1,9 a 2,2	5 a 6
Ortoclasa	Alumosilicato de potasio	2,6	6
Pirita	Sulfuro de hierro	5	6 a 6½
Talco	Filosilicato básico de magnesio	2,7	1
Uranita	Bióxido de uranio	9 a 9,7	5½
Yeso	Sulfato bihidratado de calcio	2,3	2

ESCALA DE MOHS PARA DETERMINACION DE DUREZA DE LAS ROCAS

Grado	M i n e r a l	C a r a c t e r í s t i c a
1	Talco	Se puede rayar con la uña
2	Yeso	Se puede rayar con la uña
3	Calcita	Se puede rayar con una moneda de cobre
4	Fluorita	Se puede rayar con una cuchilla
5	Apatita	Se puede rayar levemente con una cuchilla
6	Ortoclasa	Se raya con una lima de acero
7	Cuarzo	Se raya con topacio
8	Topacio	Se raya con corindón
9	Corindón	Se raya con diamante
10	Diamante	Se raya con otro diamante.

UTILIDAD PRACTICA DE ALGUNOS MINERALES EXTRAIDOS DE RECURSOS GEOLOGICOS

Apatita	.....	Se emplea para abonar los suelos de cultivo.
Asbesto	.....	Se utiliza para hacer objetos resistentes a la acción del fuego como láminas, escenografías teatrales y forros de frenos.
Bauxita	.....	Extracción de aluminio, preparación de refractarios, abrasivos, cementos, etc.
Calcita	.....	Material para la construcción, para la fabricación de telémetros y microscopios (espato de Islandia). Su cristalización tan variada ha permitido el avance de la cristalografía.
Cobre	.....	Elemento útil para la fabricación de alambres conductores de electricidad y para aleaciones como el bronce y el latón.
Corindón	.....	Joyería (se le llama gema oriental) y de uso odontológico ya que es útil en la hechura de muelas.
Cuarzo	.....	Fabricación de vidrio para termómetros, crisoles y otros objetos resistentes. Por su propiedad de generación de cargas eléctricas mínimas se emplea en electrónica.
Diamante	.....	En joyería y como material dura para usos industriales (sondeos petroleros y fabricación de herramientas).
Dolomita	.....	Se emplea como aislante térmico (hornos metalúrgicos)
Fluorita	.....	Se emplea como fundente en la metalurgia y para labrar adornos en piezas de vidrio.
Galena	.....	Se utiliza como rectificador de corriente eléctrica y como impermeabilizante de cerámica.
Grafito	.....	Tiene muchos usos como la fabricación de minas para los lápices, para pinturas resistentes a la oxidación y como lubricante.
Granate	.....	Gema apreciada en joyería.
Halita	.....	Sal común (alimentación), para conservar pieles y alimentos, también es útil en la fabricación industrial de sosa.
Limonita	.....	Extracción de hierro.
Magnetita	.....	Extracción de hierro.
Moscovita	.....	Mica blanca que se encuentra en rocas graníticas y útil en la fabricación industrial de cristales y vidrios.
Olivino	.....	Se llama también peridoto y es apreciado en joyería.
Opalo	.....	De aplicación ornamental (joyería).
Ortoclasa	.....	Mineral usado en joyería, particularmente la de color amarillo.

UTILIDAD PRACTICA DE ALGUNOS MINERALES EXTRAIDOS DE RECURSOS GEOLOGICOS

Pirita	.....	Fabricación de ácido sulfúrico
Talco	.....	Preparación de talco, fabricación de pinturas, insecticidas, caucho y papel. También se utiliza como pulimento.
Uranita	.....	Extracción de uranio (combustible de reactores nucleares, — usos científicos e industriales).
Yeso	.....	Material para enlucidos y pavimentos.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Chávez Salcedó, Guillermo. ELEMENTOS DE OCEANOGRAFIA. Compañía Editorial Continental, México, 1975.
- Donn, William. THE EARTH: OUR PHYSICAL ENVIROMENT. New York, 1972.
- Fielder, S. y Wilson, L. VOLCANOES OF THE EARTH, MOON AND MARS, St. Martin's Press, New York, 1975.
- Halliday, David y Resnick, Robert. FUNDAMENTOS DE FISICA, Compañía Editorial - Continental, S.A., México, 1978.
- Johnson, John. PHYSICAL METEOROLOGY. The M. I. T. Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1963.
- Leet, Don y Judson, Sheldon. FUNDAMENTOS DE GEOLOGIA FISICA, Editorial Limusa, México, 1977.
- Mason, Brian. PRINCIPLES OF GEOCHEMISTRY, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1958.
- Pasachoff, Jay y Kutner, Marc. UNIVERSITY ASTRONOMY, W. S. Saunders Company, U.S.A., 1978.
- Perrilliat, María del Carmen. PALEONTOLOGIA MEXICANA No. 43, UNAM, México, 1977.
- Scott, James. INTRODUCCION A LA PALEONTOLOGIA, Paraninfo Madrid, 1975.
- Sosa Torres, Rafael. REVISTA CARTOGRAFICA Conceptos Fundamentales de Geodesia, No. 38, Comisión de Cartografía del IPGH, México, Diciembre 1980.
- Tatsch, James Henderson. EARTHQUAKES: Cause, prediction and control, Tatsch Associates, 1977.
- UNESCO. TERREMOTOS, evaluación y mitigación de su peligrosidad, Editorial Blume, España, 1980.
- Williams, Howell; Turnes, Francis y Gilbert, Charles. PETROGRAFIA, introducción al estudio de las rocas en secciones delgadas, Compañía Editorial Continental, S.A., México, 1983.



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A C I T A D A

CORDILLERAS, TERREMOTOS Y VOLCANES. Salvat Editores, Biblioteca Salvat de Grandes Temas, Tomo 51, España, 1974.

EL REDESCUBRIMIENTO DE LA TIERRA. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1982.

EL SISTEMA SOLAR. Salvat Editores, Biblioteca Salvat de Grandes Temas, Tomo 10, España, 1975.

ESTRELLAS, CUMULOS Y GALAXIAS. Salvat Editores, Biblioteca Salvat de Grandes Temas, Tomo 34, España, 1974.

Gallo, J. y A. Anfossi. COSMOGRAFIA, Progreso, México, 1977.

González - Bonorino. INTRODUCCION A LA GEOQUIMICA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos, Secretaría General de la O.E.A, 1a. Ed. Washington, D.C., 1972.

LA ATMOSFERA Y LA PREDICCIÓN DEL TIEMPO. Salvat Editores, Biblioteca Salvat de - Grandes Temas, Tomo 42, España, 1974.

LA FORMACION DE LA TIERRA. Salvat Editores, Biblioteca Salvat de Grandes Temas, Tomo 3, España, 1974.

Levi Marrero. LA TIERRA Y SUS RECURSOS, Una Nueva Geografía General, Cultural Venezolana, Venezuela, 1967.

LOS OCEANOS. Salvat Editores, Biblioteca Salvat de Grandes Temas, Tomo 39, España, 1974.

Mosqueira R. Salvador. COSMOGRAFIA Y ASTROFISICA, Patria, México, 1978.

Oparin, A. EL ORIGEN DE LA VIDA, Fondo de Cultura Popular, 1967.