TEMA 5 El Hombre y los modelados del relieve

El planeta Tierra constituye un sistema complejo y dinámico que evoluciona en estado de equilibrio dentro del caos que es el Universo. Es un sistema interactivo e interconectado donde se producen intercambios de flujos de materia y/o de energía. Los territorios que la humanidad organiza y se apropia se comportan con particularidades físicas que son comprendidas de maneras diferentes según las épocas, las sociedades, los adelantos tecnológicos y las culturas. Para utilizar mejor esos factores naturales los hombres tienen la necesidad de comprender la formación y evolución del relieve y su transformación en modelado, el origen de los fenómenos a veces catastróficos tales como el vulcanismo, los sismos, maremotos (tsunamis), así como localizar los recursos que le son rentables y explotarlos. Este conocimiento debe permitir a los hombres -que se reúnen en sociedades, según sus medios y desarrollo tecnológico, reaccionar y actuar de manera consciente, razonable y responsable sobre los bienes del entorno donde desarrolla su vida.

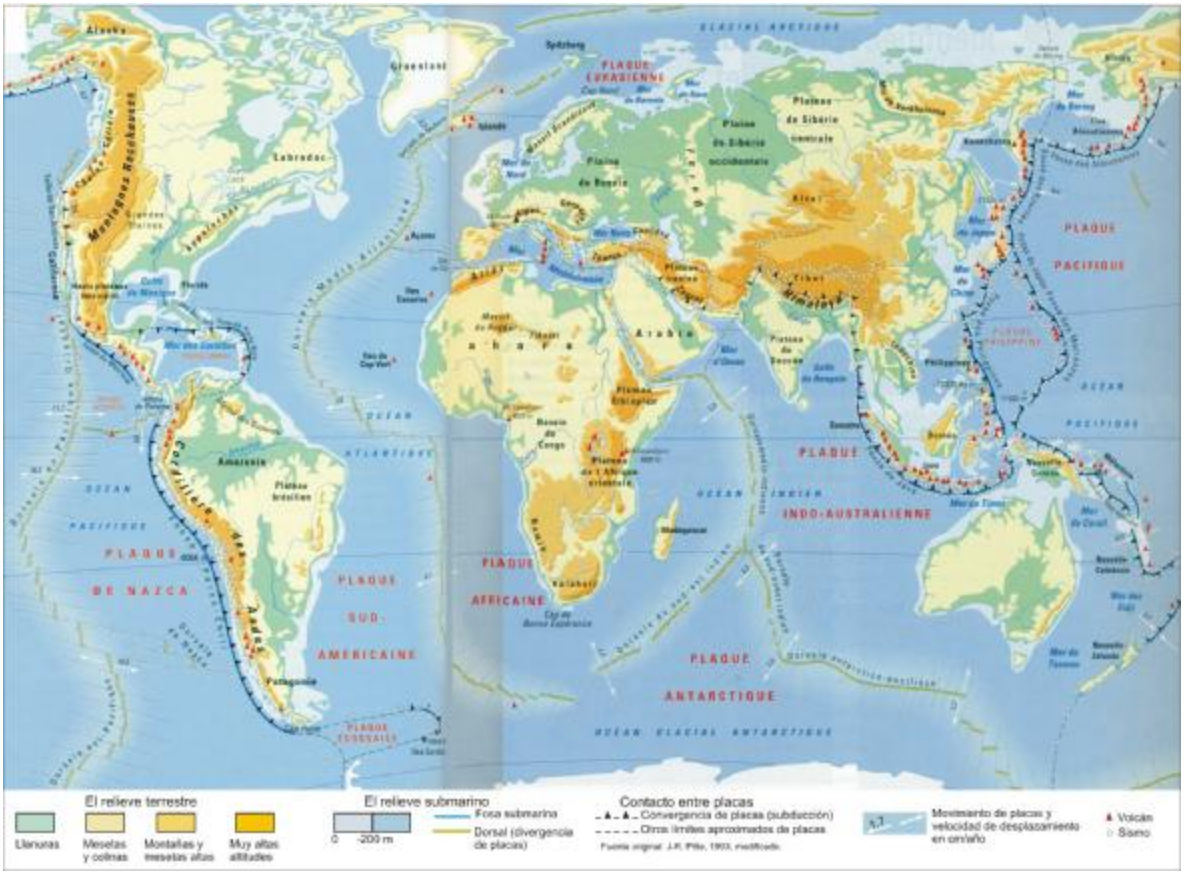
5.1 El hombre y los relieves

Ciertas montañas abruptas de Yemen(país bicontinental situado en Oriente Próximo y África) están esculpidas para acoger cultivos en terrazas alrededor de pueblos colgantes. Los agricultores desarrollan el método de bancales o terrazas para facilitar las labores en terrenos tan empinados como el de la imagen. La climatología y la topografía permiten un amplio abanico de cultivos.

El valle de Bokur, Yemen, alberga terrazas que retienen sólo el agua que necesitan. Se cultivan cereales, trigo, maíz y sorgo hasta 1.500 m de altitud. Por encima de esas altitudes, las montañas están pobladas de arbustos de qat, que se cultivan con sumo cuidado. Debido a las ganancias diarias que generan los cultivos, los arbustos han destronado a las tradicionales plantaciones de cafetos. El tráfico recoge la mercancía hasta el mercado de la capital u otra población. Los contrafuertes de las montañas son extremadamente áridos. Los pueblos de casas de adobe y techos llanos consiguen agarrarse bien a las laderas y vivir de la ganadería de ovejas y cabras. Algunos de esos pueblos están completamente desérticos y sólo se visitan en busca del pasado. A veces, un oasis aparece como una intensa mancha verde. El desierto es mágico y los beduinos reconvertidos en choferes pasean a turistas por el desierto.

Sin la tecnología ni los avances actuales que hoy todos conocemos, el cultivo de terrazas es una práctica que se desarrolló en varias partes del globo. No obstante, aquí en la Cordillera Central de Filipina, las terrazas tienen gran desarrollo .Las terrazas de cultivo de arroz son una verdadera obra de ingeniería impresionante. Con ellas se logra distribuir el agua perfectamente y aprovechar al máximo el espacio disponible, lo cual teniendo en cuenta que se distribuyen a lo largo de 10.360 km logra especial significación considerando que la producción de arroz se ve multiplicada grandemente.

5.2 El rostro de la Tierra



Desde el momento en que cualquier extensión de roca emerge comienza a actuar la erosión y las formas que se están generando se modifican por la gliptogénesis o morfogénesis. El mapa muestra la distribución de las "placas litosféricas". Éstas son los fragmentos que conforman la litosfera. Parece un rompecabezas. Hasta el momento se han detectado 15 placas: del Pacífico, Suramericana, Norteamericana, Africana, Australiana, de Nazca, de los Cocos, Juan de Fuca, Filipina, Euroasiática, Antártica, Arábiga, Índica, del Caribe y Escocesa. Se explican más adelante.

► **Los supuestos estructurales**: las formas del relieve dependen de la organización de la corteza terrestre, esto es, de la estructura. En este sentido, los supuestos estructurales comprenden las rocas y su disposición tectónica que mantienen relaciones dialécticas con los agentes atmosféricos.

5.2.1 Identificar, comprender y adaptarse a la diversidad de las estructuras

La evolución de las grandes cordilleras plegadas lleva a su destrucción y al desarrollo de nuevos tipos de estructuras con materiales que ya no tienen las mismas propiedades mecánicas de origen. Según Viers, G. (1977) se consideran:

► **Cordilleras jóvenes**. Son elevaciones naturales del terreno superior a 700 m desde la base. Se agrupan (a excepción de los volcanes) en cordilleras y sierras. Cubren 53% de Asia, 58% de América, 25% de Europa, 17% de Australia y 3% de África. En total, un 24% de la litósfera constituye masa montañosa. Un 10% de la población mundial habita en regiones montañosas. Todos los ríos mayores del mundo nacen en áreas montañosas y más de la mitad de la humanidad depende del agua de las montañas.

El Monte Everest, en el Himalya, es la montaña más alta del mundo.
http://es.wikipedia.org/wiki/Monta%C3%B1a

El origen de las montañas está en las fuerzas endógenas. Las orogénesis que han dejado más huellas en el relieve y en la configuración actual de los continentes derivan del plegamiento herciniano, en la Era Primaria y del plegamiento alpino/andino, en la Era Terciaria. En la Era Cuaternaria las

glaciaciones han erosionado las cadenas montañosas, dando lugar a muchos de los paisajes montañosos característicos. Un ejemplo de formación montañosa terciaria es la Cordillera de los Andes.

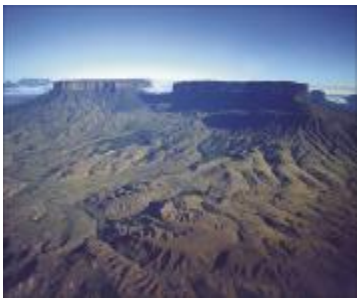
Predominan las rocas sedimentarias y las estructuras plegadas de edad Terciaria. Las rocas volcánicas aparecen como incorporadas al relieve. La gran cordillera americana (Rocallosas-Andes) sigue la costa del Pacífico. Tiene una extensión cercana a los 19.000 km entre Alaska y Tierra del Fuego con una serie de volcanes que forman parte del *Cinturón de fuego del Pacífico*. La frecuencia del volcanismo y sismos dan cuenta de la gran movilidad de la zona. Las cordilleras americanas rodean amplias mesetas como las de EE.UU. (Gran Cuenca), de México y de Bolivia. Esta disposición también se encuentra en las cordilleras euroasiáticas, de Turquía a Irán y en el Tibet. En estas últimas el vulcanismo es más atenuado y la disposición de las cordilleras es arqueada de este a oeste en general: Rif-Bética, Alpes, Cárpatos, Balcanes, Taurus, Beluchistán… Las largas barreras montañosas no favorecen las vías de comunicación entre centros urbanos. Pero, por otro lado están muy ligadas al turismo y a la práctica del deporte, siendo los más comunes el alpinismo/andinismo, la escalada y el esquí aunque también son habituales los deportes de motor, como las subidas o campeonatos de montaña.

El Aconcagua, en Argentina, es con 6.962 msnm el punto más alto del mundo fuera del Himalaya en Asia, además de ser la cumbre de mayor altitud de los hemisferios meridional y occidental.

► **Macizos antiguos y escudos**. Constituyen las formas de relieve de formación más antigua que existen sobre las tierras emergidas. Sobre los mismos se ha ejercido una larga e intensa acción erosiva. En algunos casos, las fuerzas internas realzaron esos relieves los rejuvenecieron. Por regla general, este rejuvenecimiento de los relieves más antiguos de la corteza terrestre se realiza por levantamientos generales en amplias zonas debido a la acción de las fuerzas internas sobre las propias placas de la Litosfera. El resultado es la formación de un relieve invertido en el que los sinclinales ocupan las partes más elevadas del relieve, mientras que los anticlinales resultan vaciados al ser atacados desde un principio por la erosión. Un ejemplo de este tipo de macroforma sería el escudo Fenoscándico (o Báltico).

Provincias geológicas del Escudo Báltico

Las rocas sedimentarias han desaparecido por erosión y sólo quedaron las rocas cristalinas no estratificadas, rocas compactas y estructuras con fallas. Al conjunto de materiales endurecidos se los conoce con el nombre de "zócalo". Al lado de los *macizos antiguos* más pequeñas (macizo esquistoso de Renania), las inmensas regiones de zócalo se designan con el nombre de *escudos:* Escandinavo, Canadiense, Siberia, Mongolia (esos dos escudos han sido dislocados violentamente en las proximidades de las cordilleras recientes de Asia central: los Tian-Chan son un fragmento del zócalo levantado a + 7.000 m); los escudos tropicales Guayano brasilero, Africano, Indio (Decán) y Australiano.



Meseta o Tepuy Auyantepuy con dimensiones similares a la mitad de la Isla de Margarita.

En el caso del macizo Guayanés los límites son el río Orinoco al norte y al oeste y la selva Amazónica al sur. Data, como los otros, desde la Era precámbrica y posee una cobertura sedimentaria muy antigua formada por arenisca y cuarcita resistente a la erosión. Esta cobertura sufrió un levantamiento y plegamiento casi desde el mismo momento de formación del planeta Tierra, lo cual ha originado unas mesetas muy elevadas y de pendientes verticales, denominadas *tepuyes,* un término de origen indígena que significa *montaña.* Aquí se encuentra la caída de agua más alta del mundo: el Salto Ángel, de 979 m. Los ríos de la zona a medida que el macizo ascendía, fueron erosionando y profundizando sus cauces hasta formar verdaderos cañones por los que hoy corren.

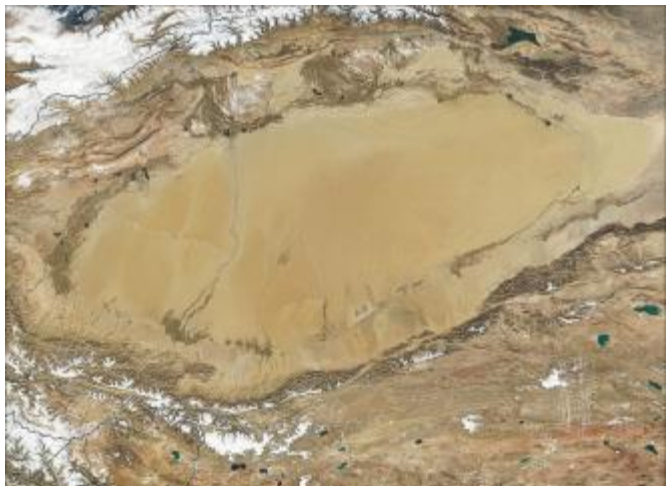
Recordar que, una **meseta** es una planicie extensa situada a una determinada altura snm de + 500 m originada por fuerzas tectónicas, por erosión del terreno

circundante o por emergencia de una meseta submarina. En el primer caso, las fuerzas tectónicas producen la elevación de una serie de estratos que se mantienen horizontales con respecto al entorno; en el segundo caso, los agentes externos erosionan la parte de la superficie menos resistente a la erosión, generando la meseta; y, en el último, la meseta proviene de la lava volcánica submarina. Las mesetas volcánicas se forman en el agua. Las mesetas que emergen del agua también pueden ser antiguas mesetas originadas por fuerzas tectónicas o por erosión que fueron sumergidas. Según sea la región del mundo, hay varios accidentes del relieve más pequeños que tienen características de pequeña meseta. Estas formas del relieve son denominadas de diferentes formas locales:

- Altiplano. Es una meseta intermontana elevada, que se encuentra generalmente localizada entre dos o más cadenas montañosas recientes.
- Butte, en los Estados Unidos y Canadá, es una prominente colina aislada, de laderas bien pronunciadas y con una pequeña cima plana.
- Chapada, en las regiones Centro-Oeste y Nordeste de Brasil, es una formación rocosa elevada (superior a los 600 m de altura), que tiene una porción muy plana en la parte superior.

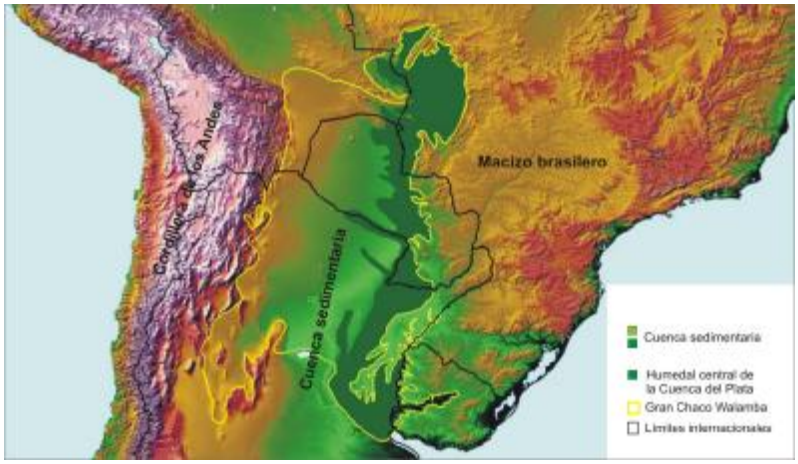
Altiplano de Bolivia en los antes intertropicales
El río Loa baja de la vertiente boliviana de los Andes, cruza el desierto de Atacama (N de Chile) y desemboca en el Pacífico. Unos volcanes señalan el límite entre ese desierto y la puna boliviana. Los sedimentos calcáreos cubren aquí la lava terciaria. El valle, poblado por oasis de cultivos, subrava su disposición en bancos casi horizontales.

► **Cuencas sedimentarias y plataformas**. Aparte de las regiones de plegamientos, el zócalo puede estar enmascarado por *una cubierta sedimentaria* poco espesa (algunos hectómetros) que, solidaria con su base rígida, está sometida a su tectónica de fractura. En los escudos amplios y poco móviles las capas son horizontales durante largas distancias; son las plataformas sedimentarias: la Plataforma Rusa sigue al escudo escandinavo más allá del Báltico. Cuando las deformaciones epirogénicas han individualizado fragmentos del zócalo formando macizos antiguos, las regiones deprimidas que las separan han recibido una cubierta sedimentaria plegada como una cubeta: son las *cuencas sedimentarias* (en el mapa: llanuras, color verde)*:* Mississippi, Amazonas, Paraná-Plata, Congo, Chad, Rusa, Siberia. Tanto las llanuras como las mesetas extendidas y abiertas favorecen el tendido de redes de comunicaciones. Existen varios tipos de cuencas sedimentarias según el origen.



Desierto de Taklamakan, bajo la superficie del cual yace la cuenca sedimentaria del Tarim, una acumulación de varios km de espesor de sedimentos traídos desde la mseta tibetana (al S) y de la cordillera del Tien-Shan (al N) por la red fluvial. La longitud de la cuenca es de unos 1000 km; el N está aproximadamente en la parte superior de la imagen.

Una *cuenca sedimentaria* es una acumulación importante de sedimentos producidos principalmente por la erosión de la superficie de la Tierra o por la acumulación de minerales. Se suele hablar de cuenca sedimentaria cuando el espesor de los sedimentos es de unos cientos de m al menos y tiene una extensión de algunas decenas de km^2 o más, aunque



son habituales los espesores de varios km con extensiones de decenas de miles de km². Ejemplos: Cuenca del Ebro, Cuenca del Paraná, Cuenca del Amazonas, Cuenca del Ganges (flanco sur del Himalaya). La formación de una cuenca sedimentaria requiere un aporte de sedimentos y un lugar que favorezca el depósito de los mismos.

La *Chaco-Pampeana* de origen estructural es una cuenca cubierta por los sedimentos provenientes de la erosión de los macizos vecinos. Hoy está sometida a un clima tropical con estación seca. En verano se producen las mayores precipitaciones que decrecen de este a oeste. Tiene una extensión de tierras que se extiende en Sudamérica ocupando parte de Argentina y otras Repúblicas limítrofes, como Bolivia, Brasil y Paraguay. Es una de la más extensa del mundo. Se caracteriza por un relieve de formas bastante planas, sin forma sobresaliente. Presenta un suave declive desde el noroeste hacia el sudeste. En algunas zonas las aguas superficiales tienen un escurrimiento lento o, directamente, no logran escurrir y se forman bañados, esteros, lagunas; esto sucede, por ejemplo, en el centro y este de las provincias de Chaco y Formosa y en la cuenca de los ríos Dulce y Salado, en Santiago del Estero. También existe una franja deprimida, situada en el sur del Chaco y el norte de Santa Fe (Bajos Submeridianales) paralela a los ríos Paraguay y Paraná, que se inunda con las crecientes de estos ríos.

► **Las guirnaldas insulares**. Se muestran como cordilleras cuya orogénesis comprende las Aleutianas, Antillas, Georgia, Orcadas, Shetland del Sur. Otras se unen a las estructuras de Asia oriental: las Buriles, Riu-Kiu, archipiélagos de Indonesia. Más lejos, Marianas, Tonga y Nuevas Hébridas. Unas y otras están bordeadas de fosas oceánicas estrechas y profundas: Mindanao (10.49 m), Tonga (10.633 m), Marianas (11.034 m) situadas, en general, al exterior del arco. La gravimetría ha descubierto anomalías considerables entre el sial y el sima demostrado por la gran movilidad. Los sismos desgastadores y las erupciones volcánicas son característicos de las cordilleras en gestación.

Islas Aleutianas

5.3 El origen de los relieves… la movilidad de la Tierra

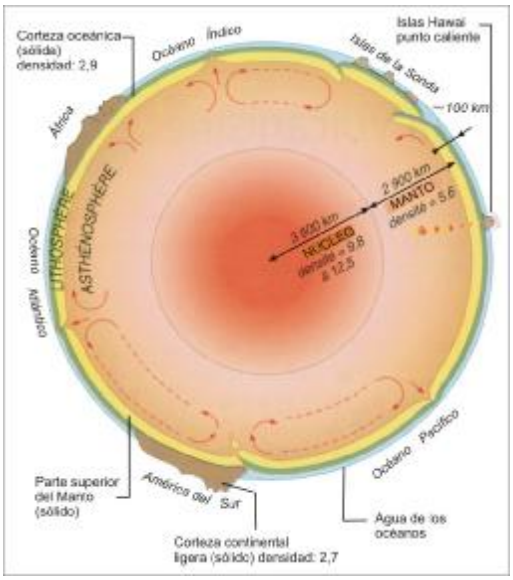
La distribución de las tierras y mares es un reflejo del equilibrio entre los procesos externos e internos, entre la migración de las placas, entre la generación y la destrucción de relieves emergidos. Para comprender cómo se forman y evolucionan los relieves es necesario considerar todos los procesos conocidos y sus relaciones en el marco del conjunto terrestre. Alfred Wegener en 1915 lanzó la idea de la *deriva continental.*

Tomando como base investigaciones geológicas y geofísicas de la Tierra pudo establecer un modelo dinámico global el cual explica la actividad de la Tierra. En su elaboración tuvo especial importancia los datos que pusieron de manifiesto el movimiento de las capas superiores de la Tierra, en particular, los sismos y la actividad volcánica.

5.3.1 Una esfera rodeada de placas semirígidas en movimiento

La Tierra está constituida por capas concéntricas (núcleo, manto, corteza) de diferente composición. Mientras el interior se encuentra en fusión debido a las altas temperaturas y presiones, la parte externa -denominada litósfera- se encuentra solidificada, es rígida y tiene un espesor de alrededor de 10 km. Comprende a la corteza continental (de unos 20-70 km de espesor), la corteza oceánica (de alrededor 10 km) y a la parte superior del manto (astenósfera).

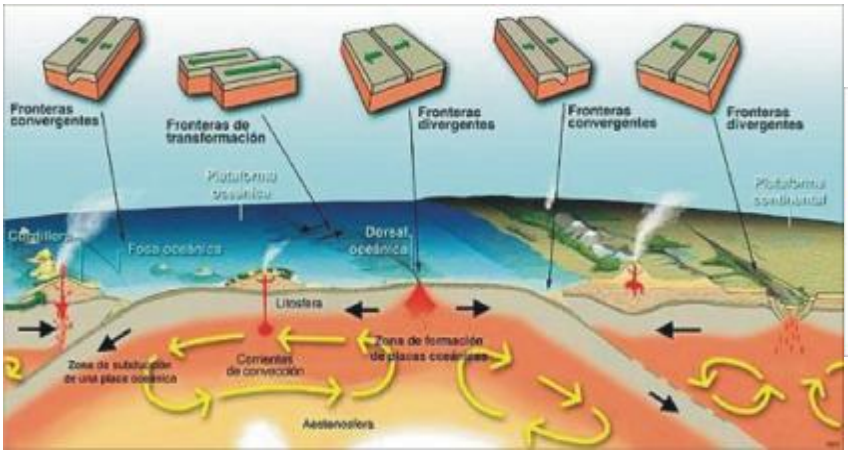
La litósfera rodea la astenósfera. Ésta es la zona superior del manto terrestre de aproximadamente 250 y 670 km de profundidad. Está compuesta de silicatos en estado sólido y semi fundidos según la profundidad y/o proximidad a los sacos de magma que son los que facilitan la deriva continental y la isostasia (éstos últimos directamente vinculados con los movimientos epirogénicos positivos y negativos).

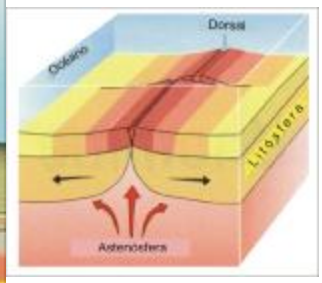


Los desplazamientos de estas placas dan origen a los océanos y a las cadenas de montañas. Ahora hay que explicar el vulcanismo y los sismos que jalonan los límites de las placas.

5.3.2 El desplazamiento de las placas

Las placas se separan o divergen principalmente en las dorsales centro-oceánicas. Por otra parte, las zonas de contacto más relevantes se encuentran en los puntos en los que convergen las placas oceánicas con las continentales. Aunque existe una gran variedad de placas, los tipos de contactos o fronteras entre ellas son únicamente tres: márgenes de extensión (divergencia), márgenes de subducción (convergencia) y márgenes de transformación (deslizamiento horizontal).

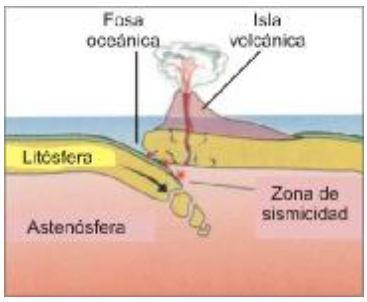




En los márgenes de extensión, las placas se separan una de la otra, surgiendo en el espacio resultante una nueva litósfera. En los márgenes de subducción, una placa se introduce en el manto por debajo de otra, produciéndose la destrucción de una de las placas. En los márgenes de fractura, las placas se deslizan horizontalmente, una con respecto a la otra sin que se produzca la destrucción de las mismas.

El movimiento de las placas se realiza por medio de rotaciones en torno a un eje o polo que pasa por el centro de la Tierra. El problema geométrico del movimiento de las placas consiste en establecer los polos de rotación de cada una de ellas y su velocidad angular. La actual división de los continentes, es debida a una fracturación que se inicia hace unos doscientos millones de años (Triásico). Durante esta constante fracturación se produjeron las fases de Orogenia, presentes en los márgenes de las placas de colisión (convergencia), por plegamiento de los sedimentos depositados en las plataformas continentales (Ej., Cordillera Andina).

- *Márgenes de extensión (divergencia):* lo constituyen las dorsales oceánicas como la Cordillera Centro-Atlántica, formada por una cadena montañosa de origen volcánico. El grosor de los sedimentos marinos aumenta en la función de la distancia al eje de la dorsal, así como su edad. Los márgenes de extensión actúan como centros a partir de los cuales se va generando en forma de lava la nueva litosfera que al llegar a la superficie se enfría y se incorpora a la corteza.
- *Márgenes de subducción (convergencia):* márgenes en donde las placas convergen unas con otras. Este movimiento permite que una de las placas se introduzca debajo de la otra, siendo consumida por el manto. En este proceso se puede distinguir tres tipos de convergencia de placas: Continental - Continental (Placa de la India y Eurasia), Continental-Oceánica (Placa de Nazca y Sudamérica) y Oceánica-Oceánica (Placa de Nueva Guinea). El indicio más importante del contacto de placas, lo constituye la distribución del foco de los terremotos en profundidad. Estos focos se distribuyen en profundidad formando distintas geometrías para el contacto de las placas (hasta 700 km de profundidad) con ángulos desde la horizontal del orden de 45° y que se denominan zonas de Benioff.

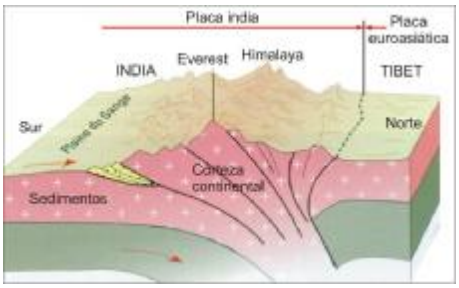


- *Márgenes de transformación (deslizamiento horizontal):* formada por fallas con movimiento totalmente horizontal y cuyo ejemplo, más común, es la falla de San Andrés en California (EEUU). En este tipo de Fallas, el desplazamiento horizontal se termina súbitamente en los dos extremos de la misma, debido a que conectan zonas en extensión y subducción entre sí o unas con otras. Estas fallas son necesarias para explicar el movimiento de las placas.

5.3.3 El origen de las montañas: la fricción de las placas

Si las dimensiones de la Tierra son constantes es porque las placas se alimentan de los materiales en fusión en el corazón de las dorsales oceánicas, desapareciendo y sumergiéndose debajo de otras placas. Al hundirse en la astenósfera las placas se funden y se desintegran. Es el fenómeno de subducción.

La subducción es el origen de lo diversos relieves como las fosas oceánicas donde una placa se hunde debajo de otra provocando sobre el borde de la placa sobreelevada y fracturada una cadena de montañas (Andes,) o arcos insulares (islas Buriles, Aleutianas) además de importantes fenómenos volcánicos.



Este desplazamiento discontinuo de una placa sobre la otra provoca frecuentes movimientos de tierra. Cuando la subducción se realiza entre dos placas continentales, las resistencias son enormes. Las costras continentales y el mismo océano se deforman porque se fragmentan en numerosas escamas que se apilan y forman macizos montañosos como las cadenas del Himalaya o las Alpinas.

La colisión de placas genera también relieves interiores a las placas: deformaciones amplias, fracturas y sobre elevaciones. El origen y la distribución en el espacio de los relieves se explican entonces por la tectónica de placas. Las montañas jalonan sobretodo los bordes activos.

5.4 Manifestaciones de la energía interna de la Tierra

La dinámica cortical se pone de manifiesto por medio de la energía geotérmica directa liberada por los volcanes y, por medio de la energía elástica, acumulada en las rocas y liberada en los terremotos. Ambas están vinculadas a la fuerza motriz de la tectónica de placas y los terremotos se generan como consecuencia de las fricciones producidas por dicho movimiento.

5.4.1 El hombre frente al vulcanismo

El vulcanismo es un fenómeno natural que constituye un riesgo cuando sus peligrosas manifestaciones coinciden con la presencia de los hombres. Sin embargo, lejos de huir de se peligro, éstos aprovechan la riqueza proporcionada por los volcanes.

► Comprender el vulcanismo

Se ha comprobado que cada 33 m de profundidad se produce un aumento de temperatura de 1ºC durante los primeros km del interior terrestre. Se le ha dado el nombre de grado geotérmico. El calor proviene, además del residual que se conserva desde la formación del Planeta, de la desintegración atómica de los elementos radiactivos, tales como el uranio, contenido en las rocas graníticas corticales. Por ello el flujo térmico tiene dos orígenes uno profundo y otro cortical. Éste varía de un lugar a otro en función de la mayor o menor cantidad de elementos radiactivos.
El vulcanismo se produce cuando una fisura profunda en la litósfera permite el ascenso de rocas en fusión y de gas a temperaturas muy elevadas (>1000ºC).

► Efecto de las erupciones en el medio natural

- Una erupción de lava poco viscosa cambia la forma del terreno y puede llegar a modificar todo el aspecto de un lugar (Canarias).
- También se originan elevaciones montañosas.
- Otro efecto son los incendios forestales que provocan la desaparición de bosques enteros. Existen algunas especies que están bien adaptadas al fuego (pirófita).
- El terreno ocupado por una colada de lava enfriada comienza como un desierto pero luego, gracias al trabajo de la meteorización del material, se va poblano de especies vegetales dando lugar a una sucesión

Foto C. Meter. Nacional Geographic

primaria.
- Los gases y cenizas emitidos por el volcán producen contaminación natural y lluvias ácidas.

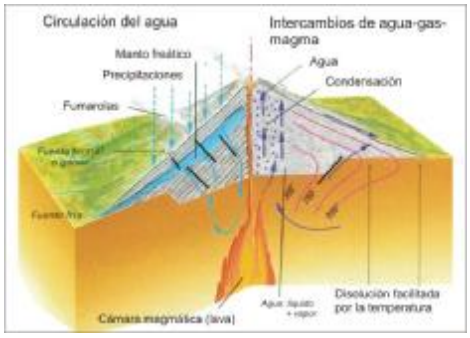
► **Efectos para el hombre**

Los volcanes se han ganado una mala reputación a lo largo de la historia del hombre debido a los efectos que ocasionan sus erupciones. Entre los efectos que producen los volcanes podemos encontrar los siguientes:

- Pueblos y ciudades cercanos a los volcanes pueden ser sepultados por lavas y piroclásticos mortales por el calor y alta velocidad que alcanzan. El Vesubio en el año 79 cubrió Pompeya con rocas de un espesor de 7-8 m. El Pinatubo, en Filipinas, tuvo grandes erupciones de piroclastos a partir de junio de 1991 a las que siguieron poderosas corrientes de lodo (lahares).
- La ceniza en principio es mortal para las especies vegetales y animales debido a su composición química y al alto contenido en vidrio que causa la muerte en los animales que consumen hierba contaminada. Este desastre genera altos costos monetarios y humanos.
- La ceniza puede destruir la infraestructura de comunicación y energía. Anular las comunicaciones inalámbricas tales como telefonía, satélites, postes telefónicos y telégrafos.
- Las cenizas y gases volcánicos pueden envenenar las fuentes naturales y artificiales de agua con grave riesgo para la salud humana, agricultura y ganadería. También los piroclastos y la lava volcánica pueden cegar los cauces de los ríos y canales artificiales causando inundaciones en unos lugares y sequías en otros.
- Las erupciones plinianas que arrojan gran cantidad de vapor y cenizas pueden causar alteraciones climáticas a nivel mundial, provocando huracanes, olas de frío o calor, torrenciales aguaceros y lluvias ácidas.
- Los volcanes submarinos cercanos a las costas pueden provocar maremotos y tsunamis arrasando a las poblaciones costeras.

► **Utilidad de los volcanes**. Los volcanes no sólo traen consigo calamidades, también se pude obtener de ellos gran cantidad de utilidades:

- Tienen gran interés las rocas compactas de lava para edificar y la existencia de numerosas piedras de moler y muelas de molino, hechas de basalto.
- Los cristales volcánicos (obsidianas) fueron utilizados para obtener puntas de flecha en algunos países.
- Las piedras pómez tienen múltiples usos como abrasivos industriales o como accesorios de aseo personal.
- También las lavas porosas proporcionan perfectas mesas de laboratorio, paneles indicadores y revestimiento de hornos.
- Las aguas termales o termominerales resultan de interés turístico.
- A veces, desempeñan un papel vital como ocurre en Japón, donde se asegura una parte de la calefacción del país y en Islandia, donde permiten el cultivo en invernadero de huerta mediterránea y tropical.
- La energía volcánica, más conocida como *hulla blanca,* aún no se ha sabido emplear directamente, pues es demasiado fuerte y discontinua pero sí la del vapor de agua sobrecalentada entre 100ºC y 250ºC y naturalmente atrapada en terrenos porosos debajo de formaciones geológicas impermeables.



Circulación hidrotermal y depósitos de minerales

5.4.2 El hombre explota el vulcanismo

El volcán es el único punto de contacto que pone en comunicación directa la superficie con el interior de la tierra, es decir, es el único medio para observar y estudiar las rocas magmáticas, que constituyen el 80 % de la corteza terrestre sólida. En el fondo del Manto terrestre el magma de baja presión asciende, creando cámaras magmáticas por debajo de la corteza. Después las rocas agrietadas de la corteza permiten la salida del magma a gran presión y tiene lugar la erupción volcánica. El resultado de esta erupción es vapor de agua, humo, gases, cenizas, rocas y lava que

Mina de explotación de otro en Perú.

son lanzados a la atmósfera.

En Perú, por ejemplo, el volcanismo dio lugar a la formación de grandes yacimientos de oro. Los expertos sostienen que la relación que se dio en una extensa zona de Perú entre volcanismo y mineralización, durante millones de años, es lo que explica la formación de yacimientos auríferos tan importantes como Yanacocha, Pierina, La Zanja, Alto Chicama, entre otros. La formación de estos paleovolcanes es producto del emplazamiento de diferentes arcos magmáticos a lo largo de 40 M.a. (Eoceno inferior al Mioceno inferior) y que los yacimientos asociados se ubican en una franja metalogenética de oro-plata de edad Miocena.

La energía geotérmica es la energía producida por el calor interno. Se basa en el hecho de que la temperatura aumenta según la profundidad. Puede derivarse del vapor de agua atrapado a gran profundidad bajo la superficie terrestre. Si se hace llegar a la superficie, puede mover una turbina para generar electricidad. Otra posibilidad es calentar agua bombeándola a través de rocas profundas calientes. Aunque esta fuente de energía subterránea es en teoría ilimitada, en la mayor parte de las zonas habitables del planeta está demasiado profunda como para que sea rentable perforar pozos para aprovecharla.

El calor se produce entre la corteza y el manto superior de la Tierra, sobre todo por desintegración de elementos radiactivos. Esta energía geotérmica se transfiere a la superficie por difusión, por movimientos de convección en el magma (roca fundida) y por circulación de agua en las profundidades. Sus manifestaciones hidrotérmicas superficiales son, entre otras, los manantiales calientes, los géiseres y las fumarolas. Las perforaciones modernas en los sistemas geotérmicos alcanzan reservas de agua y de vapor, calentados por magma mucho más profundo, que se encuentran hasta los 3.000 m bajo el nivel del mar. El vapor se purifica en la boca del pozo antes de ser transportado en tubos grandes y aislados hasta las turbinas. La energía térmica puede obtenerse también a partir de géiseres y de grietas.

El aprovechamiento de esta energía se desarrolló en 1904 como energía eléctrica en Italia. Los fluidos geotérmicos se usan también como calefacción en Budapest (Hungría), en algunas zonas de París, en Reykjavík, en otras ciudades islandesas y en varias zonas de EE.UU. En la actualidad, se está probando una técnica nueva consistente en perforar rocas secas y calientes situadas bajo sistemas volcánicos en reposo para luego introducir agua superficial que regresa como vapor muy enfriado.

5.4.3 El riesgo volcánico

Los volcanes, por lo espectacular de sus erupciones, por la magnitud y violencia de sus manifestaciones han sido foco de atención y de temor para todas las sociedades humanas que se han visto expuestas a ellos. En casi todos los pueblos antiguos y en las primeras grandes sociedades históricas, los volcanes han sido relacionados con moradas de dioses o seres sobrenaturales que, de una u otra forma, influían en la vida de los humanos. Los polinesios, aztecas, araucanos y mapuches, griegos y romanos entre otros numerosos pueblos y culturas del mundo, al interactuar con los volcanes los reverenciaron, temieron y, luego incluso, hasta comenzaron a estudiarlos para intentar comprender el fenómeno. Por sus características geológicas, así como por el impacto sobre la humanidad, el vulcanismo ha atraído la atención de los hombres como objeto de estudio desde el mismo nacimiento de las ciencias.

Los fenómenos naturales, que pueden constituir potenciales peligros para las actividades humanas y su propia existencia, han merecido numerosos estudios en diferentes partes del mundo, particularmente en las últimas décadas, en las que el explosivo crecimiento demográfico ha aumentado exponencialmente la exposición de los humanos a los efectos de los fenómenos catastróficos, al irse ocupando sectores de la superficie terrestre antes despoblados. Se entiende por *riesgos naturales* a todos aquellos procesos o fenómenos naturales generalmente de tipo catastróficos, que afectan a la humanidad ya sea mediante un impacto directo sobre las vidas, instalaciones y actividades productivas o mediante un impacto indirecto al modificar estados de equilibrio naturales (como por ejemplo la configuración del paisaje), el clima, la biota o los recursos naturales como los suelos y el agua. Es necesario precisar claramente dos conceptos que se encuentran estrechamente relacionados:

- Uno es el de *peligrosidad volcánica*. Se refiere a la peligrosidad intrínseca de un volcán y se relaciona únicamente con sus características geológicas-geomorfológicas.
- El otro es el de *riesgo volcánico*. Se define en función de la posibilidad real de afectación sobre vidas humanas, obras de infraestructura y el sistema productivo. Por lo tanto, este concepto relaciona las

características propias del volcán con el medio social circundante. En consecuencia puede darse el caso de la existencia de volcanes de alta peligrosidad, debido a sus características e historia eruptivas, pero de comparativamente bajo riesgo, debido a que se localizan en zonas alejadas de asentamientos humanos.

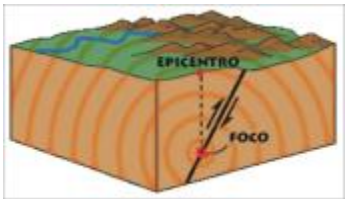
En la evaluación del riesgo volcánico debe ser tenida en cuenta gran cantidad de parámetros, ya sean éstos vulcanológicos como socioeconómicos. Generalmente, la evaluación del riesgo volcánico resulta en una zonificación y se plasma en mapas de riesgo, en los cuales se representan diferentes zonas, en función de un grado decreciente de riesgo.

5.5 El hombre y los sismos

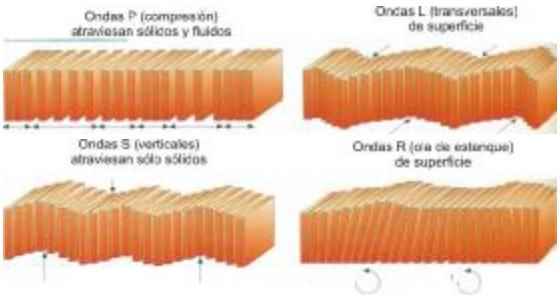
Entre los fenómenos naturales, los sismos, son uno de los más destructivos. Su comprensión coadyuva a la previsión.

5.5.1 Una manifestación violenta de la movilidad de la Tierra

Los sismos, son una manifestación de movimientos rápidos de las fallas que separan bloques rocosos de comportamiento elástico, condición necesaria para poder dar lugar a trenes de ondas. El estudio de la distribución de los focos sísmicos permite localizar las fallas actualmente en actividad, así como las zonas en que el comportamiento de las rocas es elástico. Los epicentros se localizan en la superficie terrestre, en la vertical de los hipocentros, situándose más hacia el interior del continente cuanto más profundas sean los hipocentros respectivos.



Estos epicentros, se suelen clasificar en someros (menos de 70 km de profundidad), intermedios (70 y 300 km) y profundos (300 y 700 km), según la profundidad del foco sísmico que los provoca. Los sismos se concentran en pequeñas franjas de la Tierra llamados *cinturones sísmicos*. La energía liberada por un terremoto se extiende como un tren de ondas a partir del *foco* o *hipocentro* que corresponde a la zona de deslizamiento en los bloques o plano de la falla. El *epicentro* es la zona de la superficie terrestre que está situada en la misma vertical que el foco y, por lo tato es el lugar done la magnitud es máxima. Durante la transmisión de las ondas sísmicas se va produciendo la compresión en las rocas que se encuentra en el sentido del movimiento y distensión en las que están en sentido contrario. Estas deformaciones son captadas por los *sismógrafos* que las representan por medio de gráficas denominadas *sismogramas* permitiendo determinar el lugar de origen del sismo, su magnitud la profundidad de su foco.



Tipos de ondas sísmicas

Nacional Geographic. Foto de Karen Kasmauski

Las ondas sísmicas pueden ser de dos tipos a) profundas: “P” o primarias, “S” o secundarias y, b) superficiales que son más lentas y las más estudiadas para la prevención. Dentro de ellas están las denominadas Reyleigh (que se propagan en forma similar a las ondas de un estanque al caer una piedra) y las Love (son trasversales como la “S” pero vibran en un solo plano que corresponde a la superficie del terreno; son pues, horizontales y perpendiculares a la dirección de propagación).

► ¿Cómo se miden los terremotos?

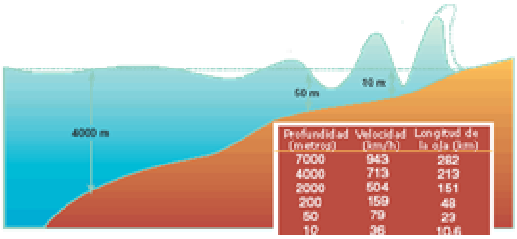
Hasta hace poco los científicos medían los seísmos utilizando la escala de Richter, desarrollada por los sismólogos americanos Charles F. Richter y Beno Guatenberg en 1093 y 1940. En la escala logarítmica de magnitud de un terremoto, cada número representa una intensidad diez veces mayor que la anterior. Ningún terremoto ha superado los 9,5º de Chile producido el 22/05/1960. La escala de Richter mide solo la magnitud o energía liberada. Otras escalas se encargan de categorizar los terremotos utilizando otros criterios. La

escala sismológica de magnitud del momento mide la zona de roca desplazados, la rigidez de la roca y la distancia media de desplazamiento.

La Escala sismológica de Mercalli utiliza 12 números romanos para calificar un terremoto por sus efectos sobre el entorno (intensidad). Durante un terremoto de nominal I (muy débil) las personas no sienten ningún movimiento de la Tierra. Durante uno de grado V (poco fuerte), casi todo el mundo ha sentido el movimiento. En un terremoto X (desastroso), los edificios se derrumban, las presas se rompen y se forman grietas en el suelo.

5.5.2 Los tsunamis (maremotos)

Un tsunami (o maremoto) es una serie de olas que se generan en un océano u otros cuerpos de agua a causa de un terremoto o deslizamiento de tierra, erupción volcánica o impacto de meteorito. Generan grandes daños cuando chocan contra las costas. Las olas de un tsunami son diferentes a las que llegan hasta las orillas de los mares o lagos. Este tipo de olas son generadas por los vientos de mar adentro y son pequeñas en comparación con las de un tsunami. Las olas de un tsunami en el océano abierto pueden tener más de 100 km de largo, son inmensas y viajan muy de prisa, a una velocidad aproximada de 700 km/hs pero tienen sólo 1m de altura cuando están mar adentro.



La foto muestra cómo la ola de un tsunami cambia de forma a medida que avanza hacia agua poco profunda. *Cortesía NOAA.*

A medida que un tsunami viaja en dirección a las aguas menos profundas de la costa, desacelera y aumenta en altura. Aún cuando es muy difícil ver a un tsunami en el mar, cuando llega a la costa puede crecer hasta alcanzar varios metros de altura y, a medida que se acerca de la costa, desarrollar alta energía. Cuando finalmente llega puede desarrollar olas con una altura de hasta 30 m.

Árboles en la Gran Isla Nicobar de la India sobre las piscinas originadas por el tsunami de 2004. Los países más afectados por el tsunami fueron Indonesia, Sri Lanka, India y Tailandia. Foto Deshakalyan Chowdhury/AFP/Getty Images

Pocos minutos antes de que un tsunami choque contra la costa, el agua que se encuentra cerca de la costa se retirará y podrá verse el fondo marino. Las costas afectadas por un tsunami se erosionarán severamente. Un tsunami puede causar inundaciones hasta cientos de metros tierra adentro. El agua se mueve con tal fuerza que es capaz de destrozar casas y otro tipo de edificaciones.

La mayoría de los tsunamis, aproximadamente un 80%, se producen en el Océano Pacífico, en el Cinturón de Fuego, un área geológicamente activa donde los movimientos tectónicos hacen que los volcanes y terremotos sean habituales. Los tsunamis también pueden estar causados por deslizamientos de tierra subterráneos o erupciones volcánicas. Incluso pueden ser lanzados, como ocurrió con frecuencia en la Tierra en la antigüedad, por el impacto de un gran meteorito que se sumergió en un océano.

La mejor defensa contra un tsunami es la alerta temprana que permite a la gente buscar un terreno más elevado. El Sistema de Alerta de Tsunamis en el Pacífico, una coalición de 26 naciones con sede en Hawai, mantiene unos equipos sísmicos web y medidores del nivel del agua para identificar tsunamis en el mar. Se han propuesto sistemas similares para proteger las áreas costeras en todo el mundo.

5.6 El modelado del relieve por la erosión

Sobreelevados por las fuerzas internas de la Tierra, los relieves quedan expuestos a la energía potencial donde de los agentes geomorfológicos (agua en todos sus estados, viento, temperatura y biota) quienes denudan la superficie emergida por medio de la *erosión* y sus *procesos* llamados *procesos de erosión* (extracción, transporte y depósito) dando lugar al modelado de relieve. Es un delicado cincelado que requiere del trabajo previo de la *meteorización* para preparar la roca y generar los materiales a ser extraídos. La fuerza de gravedad influye sobre dichos agentes favoreciendo el transporte desde zonas elevadas a otras más bajas o deprimidas. Las diversas formas del

modelado dependen, además del clima, de las características litológicas (tipo de roca) y la disposición estructural de éstas.

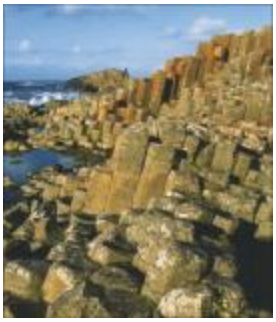
5.6.1 Mecanismo de la erosión "in situ". La meteorización es la alteración de la roca y de los minerales que la integran en el mismo lugar por la acción superficial de los agentes atmosféricos. Es un ejemplo de las interacciones entre la parte externa de la litósfera con la atmósfera baja que las rodea. Puede ser química o mecánica en función de la presencia o casi ausencia del agua en estado líquido.

► **Meteorización mecánica**. Este proceso actúa preferentemente en lugares con climas extremos (desérticos cálidos o fríos) en los que no existe agua en estado líquido. Dependiendo del tipo de roca y de la estructura puede dar las siguientes formas: lajamiento (foto), gelivación, expansión y contracción térmicas, cristalización intersticial de sales, acción biológica.

► **Meteorización química**. Requiere de la presencia de agua líquida. Depende del tipo de enlace que presenten los minerales afectados. Los más difíciles de romper son los enlaces covalentes que los iónicos ya que éstos liberan fácilmente iones de hierro, potasio, sodio, calcio, magnesio. La meteorización química depende también del pH y de la temperatura. Los principales tipos son: hidrólisis, carbonatación (foto), hidratación, disolución y oxidación.

5.6.2 Mecanismo de la erosión dinámicos. Estos sistemas de denudación dinámica implican, primero, un proceso de erosión o desgaste que es facilitado por la meteorización responsable de preparar la roca. Pero la erosión, en sentido amplio implica el proceso de transporte y de depósito de los materiales que han sido arrancados de un lugar.

► **El sistema de vertientes (o de ladera)**. En las laderas tienen lugar los procesos de *erosión areolar* inducido por el agua de escorrentía superficial que escurre sin cauce fijo o en forma de manto. Según la modalidad de trabajo de los agentes, intensidad y formas resultantes, se distinguen: arroyada (foto), reptación o crepp, coladas de barro y solifluxión, deslizamientos (foto: de tipo rotacional), entre otros.



5.7 La acción de destrucción y de modelado afecta al relieve

La erosión agrupa al conjunto de procesos y agentes que desintegran la roca de las tierras emergidas, la alteran, fragmentan, la disuelven y de alguna manera, la encaminan a las zonas deprimidas o al mar utilizando como vehículos los ríos, materiales blandos y los elementos disueltos surgidos de ese fenómeno. Según el clima y el tipo de cobertura vegetal asociada, la cual se presenta en densidades heterogéneas, los procesos son activos en distintos grados y están desigualmente jerarquizados.

Existen dos casos en que interviene sólo un agente en la conformación el modelado: los glaciares, en las regiones que cubren y el viento, que edifica dunas con la arena de las riberas y sobre todo con la de los desiertos.

Los grandes desniveles acentúan en todas las latitudes la eficacia de los procesos erosivos. En los casquetes glaciares las paredes rocosas, atacadas por el hielo, alimentan conos de residuos que recorren los aludes.

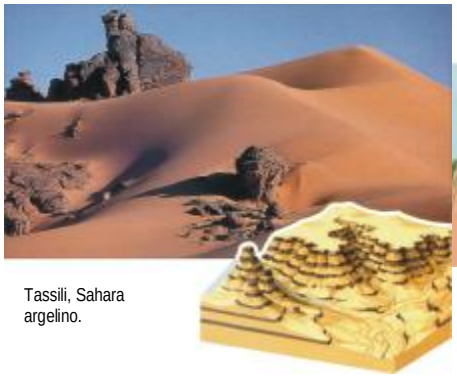
5.8 Los paisajes resultantes

En las *regiones frías* y en las montañas el hielo desempeña un papel importante en la conformación topográfica de las tierras emergidas: fragmenta las rocas y alimenta los desprendimientos. En las regiones intertropicales, que son húmedas y cálidas, predomina la alteración química que reduce la arcilla a ciertos minerales de las rocas y genera mantos de materia erosionada (formación superficial).

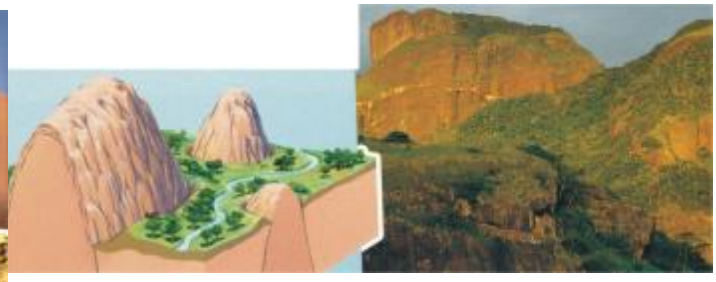
Regiones templadas. El bosque virgen protege el relieve. Los cultivos agrícolas son responsables de acelerar la erosión pero se puede evitar con la protección del seto y la pradera como ocurre en la región de Surrey, Inglaterra.

En *regiones templadas* la alteración es más lenta y genera suelos menos profundos. Cuando los fija la vegetación densa, los productos de la erosión emigran lentamente por las vertientes pero son transportados con mayor rapidez cuando la cubierta vegetal es escasa favoreciendo la acción de las aguas superficiales.

En las *regiones áridas* (desierto cálido) la diversidad de paisajes es mayor de la que a menudo imaginamos. Las dunas sólo ocupan una parte de la superficie. Dominan los desiertos rocosos. En este paisaje del Tassili (foto) las arenas sepultan de manera parcial a los relieves ruiniformes tallados en areniscas tablares heterogéneas.



Tassili, Sahara argelino.



Río de Janeiro, Sierra do Mar.

En las *regiones tropicales* la alteración de la roca (y el suelo) está favorecida por las elevadas temperaturas y los montos de precipitación de lluvia. En la foto la selva logra colonizar pendientes muy fuertes en los abruptos volúmenes de relieve de la Sierra do mar. Sólo donde las paredes son casi verticales, está desnuda, roída por barrancos o afectada por la descamación.

De los hielos polares a los bosques tropicales

► El hombre se adapta al relieve

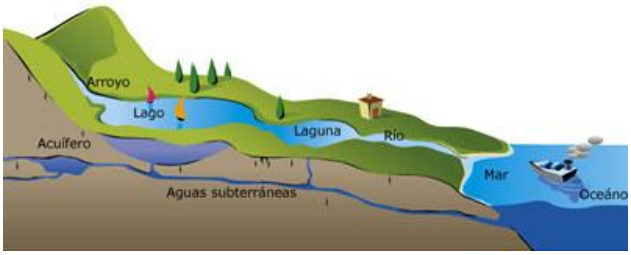
En todos los tiempos el hombre se ha adaptado al modelado. Así, las montañas han servido de refugio a las poblaciones sometidas por invasores (en los Andes, pueblo berebere, foto). Constituyen verdaderas fortalezas naturales fáciles de demarcar. Las vías de comunicación tienen que atravesar valles, umbrales y taludes de fuertes pendientes. Por otra parte, las montañas favorecen los emprendimientos hidroeléctricos y la construcción de los campos de esquíes.

El hombre adapta el relieve a sus necesidades. Tal es el

caso de los *pólderes* donde las vías de comunicación están restringidas al coronamiento de los diques que retienen las aguas. Pero sobre todo, por su cultura el hombre es un verdadero artesano en la construcción del sistema de terrazas con la finalidad de limitar la erosión y aumentar los espacios de cultivo.

5.9 El sistema fluvial

Los ríos, junto con el viento, constituyen los principales escultores del relieve emergido de las aguas así como los principales agentes de erosión y transporte de materiales en determinadas latitudes.



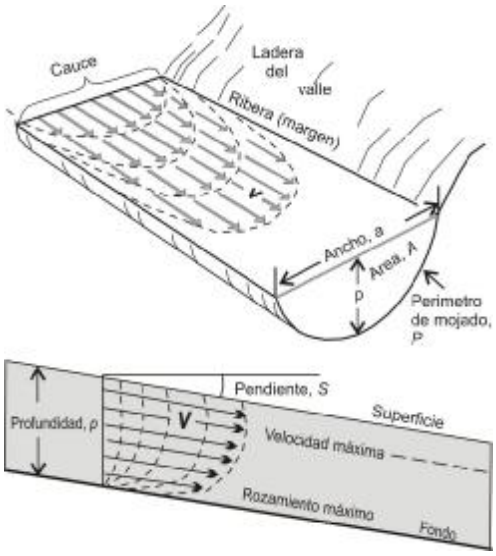
Las *nacientes* (nacimiento, cabecera) de un río es el lugar donde se origina y la *desembocadura* el lugar donde la corriente de agua vierte sus aguas. Puede ser el mar, un lago o en otro río.

En su recorrido, el río modela un ***valle*** donde las los hombres practican la agricultura y la ganadería, establecen sus viviendas y forman las aglomeraciones, las ciudades.

El **cauce** de una corriente de agua puede considerarse como un largo y estrecho canal tallado por la fuerza del agua mediante el que se hace más efectivo el movimiento de la misma y los sedimentos aportados desde la cuenca. Los cauces pueden ser tan estrechos o llegar a superar el 1.5 km como el Mississippi. Los anchos de los cauces naturales puede estar comprendidos entre 0.30 m a 1.5 km y está limitado por *riberas* (o márgenes). Para determinar si es "margen derecha" o "izquierda" nos ubicamos de espalda a la dirección de la corriente de agua desde las nacientes hacia la desembocadura. El río puede llevar sus aguas a otro río más importante, del cual es *afluente,* o puede finalizar su recorrido directamente en un lago o en un océano. Por ejemplo, el Paraná es afluente del río de la Plata, este último vierte directamente sus aguas en el océano Atlántico. El lugar donde se reúnen dos o más ríos, se denomina *confluencia.*

En la geometría del cauce se considera:

- *La profundidad* es la distancia vertical desde la superficie hasta el fondo. Se mide en metro.
- *El ancho* es la distancia a través del río desde una ribera a la otra.
- *El área transversal, A,* es el área en m^2 de una sección transversal del río medida en un punto determinado del mismo.
- *El perímetro de mojado, P,* es la longitud de la línea de contacto entre el agua y el cauce medida en la sección transversal.
- Una característica importante de las corrientes es el *radio hidráulico*, *R,* que se define como el cociente entre el área transversal, *A,* y el perímetro de mojado, *P,* es decir, *R = A/P.*
- Otra importante relación que define la geometría del cauce es la *relación de forma,* definida como la razón existente entre la profundidad, *p,* y el ancho, *a,* esto es: *p/a.* La relación de forma se indica en forma de fracción: 1/100 ó 1:100, que significa que el cauce es 100 veces más ancho que profundo.



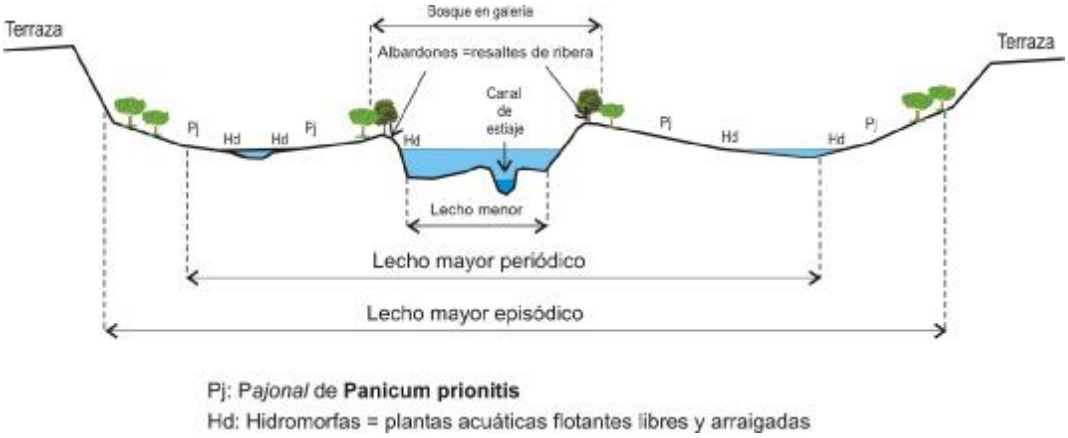
Geometría del cauce de un río y velocidad relativa del

- Otra medida importante es la *pendiente, S,* (o gradiente), que es el ángulo que forma la superficie del agua con el plano horizontal. Se mide en porcentaje (%) o en m/km. Así, una pendiente de 5 m/km significa que la superficie del cauce desciende 5 m respecto a la vertical en cada km horizontal. Un gradiente de 3% ó 0.03 significa que la pendiente del río desciende 3 m cada 100 m de recorrido horizontal.
- Como la velocidad ordinaria en un punto determinado del río difiere según se mida cerca de las riberas, en el fondo o en la línea media se calcula una cifra para toda la sección transversal: la *velocidad media* para expresar la actividad del río en conjunto. La velocidad media de los ríos es, generalmente, igual a las seis décimas partes de la velocidad máxima pero depende de la profundidad del río.
- Otra medida del flujo de una corriente de agua es el *caudal* o *descarga Q,* que se define como el volumen de agua que pasa a través de una sección transversal en una unidad de tiempo dada (por segundo). Se mide en m^3/seg (metro cúbico por segundo). Varía según el tramo y época del año.

El curso, órgano elemental de circulación, de dimensiones relacionadas con el caudal que ha de drenar, comprende varios elementos bien definidos en el caso de cursos de agua tranquilos tales como:

- El *lecho menor* es la parte donde se concentran las aguas de estiaje a veces localizadas en un canal sinuoso (canal de estiaje). Márgenes bien definidas lo delimitan claramente y su fondo presenta la alternancia de zonas hundidas (o surcos) y de altos fondos (umbrales), cuando los materiales transportados son heterogéneos.
- Más allá de sus márgenes se desarrolla el *lecho mayor*. Consta de una parte normalmente sumergida durante los períodos de aguas altas. Este lecho mayor periódico, denudado, ofrece un perfil transversal alomado, debido a los *resaltes de ribera* o *albardones* (o elevaciones naturales) que dominan las riberas del lecho menor. De ellos se derivan contrapendientes que aíslan depresiones longitudinales simétricas y desplazan las confluencias aguas abajo.
- Se pasa después al *lecho mayor episódico*, inundado durante las crecidas extraordinarias a veces seculares. Colonizado por la vegetación y a menudo cultivado, no se distingue topográficamente de los alrededores.

Perfil transversal de un curso fluvial



Lecho menor u ordinario: es el que ocupan comúnmente las aguas. - Lecho mayor o de inundación: al que ocupan las aguas cuando se producen las crecientes.
Lecho de estiaje al que ocupan las aguas en bajante. Fuente: Fritschy, B. A., 2012 y Coque, R. 1977.

El curso fluvial puede desembocar en un lago, mar o en otro curso fluvial. En su recorrido se distinguen tres tramos que van desde la naciente (lugar de origen) hasta la desembocadura (lugar de desagüe):

- ***Curso superior***. Comprende la zona próxima al nacimiento del río. Se caracteriza por su cauce profundo y angosto con perfil del cauce en forma de "V". La pendiente es muy pronunciada e imprime, por lo tanto gran velocidad al agua que realiza un importante trabajo de erosión, esto es, arranque de materiales (ablación). Debido a la diferencia de nivel que existe entre las rocas de su lecho y resistencia de las mismas, los ríos presentan *saltos*. Si el volumen

Red hidrográfica

Es un sistema de circulación lineal, jerarquizado y estructurado que asegura el drenaje de una porción del espacio delimitada por líneas divisorias de agua, llamada *cuenca* o cuenca hidrográfica. Su complejidad aumenta con el tamaño, se encuentran sólo en regiones en las que la alimentación del flujo se lleva a cabo por la escorrentía superficial y por las aguas subterráneas activas capaces de mantener los caudales en el intervalo entre las lluvias. Se localizan, por tanto, en las regiones húmedas, templadas y tropicales. A partir del margen mediterráneo de las primeras, la actividad de los más modestos se hace estacional. Exceptuando a los ríos alógenos, este tipo de circulación no existe en los desiertos cálidos, ni en las regiones en las que el frío retiene el agua en forma de hielo durante la totalidad o la mayor parte del año.

de agua que cae es muy grande se denominan *cataratas*, como las del Iguazú en la frontera argentino-brasileña. La presencia de estos saltos ha permitido a las sociedades aprovechar la fuerza de la caída del agua para la obtención de energía hidroeléctrica.

- ***Curso medio***. Las aguas moderan su velocidad debido a la disminución de la pendiente. El río se ensancha y transporta los sedimentos erosionados (arrancados) desde el curso superior. Es la zona donde se generan los meandros por los cuales el río ensancha su valle. A lo largo del curso medio, la sección transversal del río habitualmente se irá suavizando, tomando forma de palangana seccionada en lugar de la forma de "V" que prevalece en el curso superior. A lo largo del curso medio, el río sigue teniendo la suficiente energía como para mantener un curso aproximadamente recto, excepto que haya obstáculos. La erosión y la acumulación existen pero están supeditados a los procesos de transporte. Aquí ya parecen terrazas bien definidas, que son acumulaciones de sedimentos que en la actualidad se están erosionando. En su lecho encontramos rocas desde medianas a muy pequeñas: arenas y limos. Suele haber una diferenciación muy marcada entre los lechos rocosos, en los rápidos, y los arenosos, en las aguas tranquilas, cuyos limos, en realidad, cubren las rocas. Las rocas presentan formas redondeadas, aunque la disimetría entre el eje mayor y el menor puede ser muy grande. Algunos cursos medios están embalsados. En la mayoría encontramos, ya, asentamientos humanos. El proceso geomorfológico que predomina es el de *transporte* de materiales.

- ***Curso inferior***. Se caracteriza porque el cauce alcanza el máximo ancho y el caudal sus mayores valores. La pendiente es la menor del río, por lo que predominan los procesos de acumulación sobre los de transporte y erosión, que no están del todo ausentes, pues de lo contrario no se podría evacuar el agua. No obstante, estos procesos se concentran, mayoritariamente, en arrancar y desplazar partes del material ya depositado. Son muy raros los rápidos y predominan las aguas tranquilas, aunque con el caudal tan grande que llevan el transporte puede ser importante. Predominan los lechos recubiertos de arenas, arcillas y limos, con algunas piedras dispersas muy redondeadas. Al disminuir la pendiente el cauce del río se hace divagante. El curso inferior es la zona más favorable para la navegación. El curso inferior del río Yangtze es conocido como "una tierra de pez y arroz" por los chinos. Hay muchos lagos y canales de conexión en esta región de tierras bajas que es uno de los más fértiles de China, las zonas más pobladas y prósperas más. Entre el nacimiento y la desembocadura el río tiende a adoptar un perfil tal que queden en equilibro los procesos de meteorización, transporte y acumulación, reduciendo la erosión al mínimo. Sólo se producen fenómenos de erosión y transporte en las crecidas y cuando se provoca un aumento de la pendiente con el descenso del nivel medio del mar.

El *régimen* es el comportamiento promedio del caudal de agua que lleva un curso fluvial. Se lo mide por mes y/o por año y depende del régimen pluviométrico además de la temperatura de la cuenca (que determina el porcentaje de evaporación), del relieve, de la del sustrato, de la vegetación y de la acción humana. Se analiza la frecuencia de crecidas y estiajes y el módulo. Es importante para los planes de prevención contra las inundaciones.

El *perfil de equilibrio* de un curso de agua es el estado de equilibrio dinámico donde el perfil longitudinal no cambia su forma en el tiempo. Es un balance entre el levantamiento tectónico y la tasa de erosión que actúa sobre el lecho del río. Las cataratas, rápidos y saltos que se observan en el cauce son expresiones de rupturas de esa pendiente del curso; demuestran que el mismo no ha llegado aún a la madurez.

Los *lagos* y las *lagunas* son masas de agua ubicadas en depresiones de la superficie terrestre. El agua llega a ellos por ríos, lluvias o por *aguas subterráneas.* Hay lagos de agua dulce y de agua salada de diferente extensión y profundidad, naturales y artificiales. Las aguas subterráneas se localizan a diferente profundidad del subsuelo a diversas profundidades. Son de distinto tipo, según su origen o composición: aguas salobres, mineralizadas, potables o no potables. Se las extrae por bombeo o surgen en forma natural sobre la superficie del suelo a causa de la presión y de la fuerza del agua.

La acción de los cursos de agua, combinada con la meteorización, el descenso gravitacional de los derrubios y la escorrentía difusa es responsable del proceso conocido como *denudación fluvial* que ha originado y genera la mayor parte de los paisajes de las tierras emergidas. El trabajo de modelado de las formas del terreno por las corrientes fluviales consiste en tres actividades estrechamente relacionadas de la erosión en sentido amplio: erosión (en el sentido de excavar, sacar), transporte y sedimentación.

– La *erosión* originada por la corriente es la progresiva remoción de material mineral del fondo y de las riberas del cauce.
– El *transporte* consiste en el movimiento de las partículas erosionadas mediante su arrastre por el fondo, suspensión en la masa de agua o disolución.
– La *sedimentación* es la acumulación progresiva de las partículas transportadas en el lecho del río, sobre el

lecho de inundación o en el fondo de una masa de agua no corriente en la que desemboca un curso de agua. Naturalmente, la erosión no puede tener lugar sin que exista algo de transporte, y las partículas transportadas terminan acumulándose.

Por lo tanto, *erosión, transporte y sedimentación* son simplemente tres fases de una actividad única: la erosión en sentido amplio.

5.10 ¿Por qué la cuenca fluvial o cuenca hidrográfica es un sistema? Porque,

- En la cuenca hidrográfica existen *entradas (input)* y *salidas (output).* Ej.: el ciclo hidrológico permite cuantificar que a la cuenca ingresa una cantidad de agua por medio de precipitación; luego existe una cantidad de agua que sale de la cuenca por medio de un río principal.
- En la cuenca hidrográfica se producen *interacciones* entre sus elementos, por ejemplo, si se desforesta irracionalmente en la parte alta de la cuenca, es posible que en épocas lluviosas se produzcan inundaciones en las partes bajas. Se reduce la infiltración y se acelera el escurrimiento superficial.
- En la cuenca hidrográfica existen *interrelaciones,* por ejemplo, la degradación de un recurso con o el agua está vinculada a la ausencia de educación ambiental, con la falta de aplicación de leyes, con las tecnologías inapropiadas, etc.

El sistema de la cuenca hidrográfica a su vez está integrado por los subsistemas:

§ *Físico,* integrado por la geología, geomorfología, los suelos, los recursos hídricos y el clima (temperatura, radiación, viento, evaporación, entre otros).

§ *Biogeográfico,* que integran la flora y fauna y los elementos cultivados por el hombre.

§ *Económico,* conformado por todas las actividades productivas que realiza el hombre en agricultura, ganadería, recursos naturales, forestación, industria, servicios (caminos, rutas, energía, ciudades).

§ Social, integrado por los elementos demografía, instituciones, tenencia de la tierra, salud, educación, vivienda, culturales, organizaciones, políticos y leyes, entre otros.

Los elementos de cada subsistemas varían de acuerdo el medio en el que se localice la cuenca y al grado y nivel de intervención del hombre.

5.11 El régimen hidrológico y el clima

Las características hidrológicas de una cuenca fluvial están directamente relacionadas con la cantidad de agua que recibe, la cantidad que se infiltra y la que pierde por evaporación. El clima actúa a través de las precipitaciones y la temperatura. "Las precipitaciones son una fuente directa de aporte de agua a los ríos y por ende inciden en el régimen fluvial tanto por su estacionalidad y como por su intensidad y distribución geográfica. Así las precipitaciones varían a lo largo de un año e incluso de un año a otro, afectando de manera distinta a diferentes zonas de la superficie terrestre. Por otra parte, la temperatura también es un factor climático determinante de la incorporación de agua a los ríos.

En las zonas cálidas, la elevada temperatura acelera los fenómenos de evaporación sustrayendo importantes volúmenes de agua al escurrimiento. Mientras que en las zonas frías las precipitaciones níveas inhiben el escurrimiento, a veces durante toda la temporada invernal hasta comienza el derretimiento de la nieve o de los hielos al comienzo del verano. Por ende, en bajas latitudes donde las variaciones térmicas durante el año son poco significativas, las diferencias hidrológicas estacionales derivan de los regímenes pluviométricos. En cambio, en climas continentales y altas latitudes es el efecto térmico el que se impone al determinar la forma de precipitación (lluvia o nieve) y también los procesos de retención y de fusión que generan escurrimiento diferido. Similares consecuencias son generadas por la altitud.

Por lo visto el clima es un factor determinante para establecer distintas categorías de **regímenes fluviales** en relación con la fuente de alimentación. Estos son:

- *Régimen pluvial:* crece en épocas de lluvias y de acuerdo éstas coincidan con invierno o verano, el régimen recibe la denominación de pluvio-invernal o pluvio-estival respectivamente. Se incluye aquí el aporte de manantiales y vertientes ya que estas son alimentadas principalmente por lluvias.
- *Régimen nival:* vinculado con los deshielos o derretimiento de nieves el caudal crece a principios del verano.

- *Régimen pluvio-nival:* aquí el caudal es alimentado por lluvias y por deshielo. Por lo tanto, puede incrementarse por lluvias de otoño y en primavera-verano por deshielo. Así, la bajante (estiaje) corresponde al invierno.

En síntesis, es factible afirmar que la cuenca fluvial a través de sus propios caracteres topográficos, litológicos y fitogeográficos cumple la función de *recibir, almacenar y devolver* agua del ciclo hidrológico, en proporciones y condiciones que varían según sea la combinación de esas características en sus relaciones con el clima. Finalmente, el ciclo hidrológico cumple la función de mantener la circulación de agua en sus diferentes estados entre distintos medios naturales, lo cual permite una distribución espacial continua de fenómenos tales como precipitación y escorrentía, los que constituyen agentes geomorfológicos que colaboran en el modelado del paisaje terrestre. Particularmente, el sistema fluvial que es parte integrante del ciclo hidrológico es el encargado de erosionar, transportar y depositar materiales sobre la superficie terrestre, favoreciendo con su acción, por una parte, la degradación de zonas elevadas y configuración de geoformas de erosión, y por otra la agradación de material en sectores deprimidos, conformando nuevas formas de relieve" (Monti, 2004).

Otros autores consideran que el régimen puede ser: a) *regular:* cuando el río no experimenta grandes variaciones de caudal a lo largo del año. Ejemplos: el Zaire en África y el Amazonas en América: b) *irregular:* cuando las variaciones de caudal son muy marcadas. Ejemplos: el Tíber en Italia, Ródano en Francia, Nilo en África, etc. Teniendo en cuenta el origen de las oscilaciones del caudal, se determinan los tipos de régimen:

Cuando las lluvias se concentran en una estación del año	*Régimen periódico pluvial invernal ó Régimen periódico pluvial estival*
Cuando se produce por el derretimiento de las nieves en las montañas donde nace el río.	Régimen nival
Los ríos se congelan en el invierno y sus aguas aumentan al descongelarse en el corto verano.	Régimen de deshielo
Por la influencia de varios factores a lo largo del año.	Régimen mixto

En las *zonas húmedas,* tanto de *clima templado o cálido,* las lluvias contribuyen a mantener los caudales de los ríos. En algunos casos, donde se producen excesos de lluvias se producen inundaciones. Aquí, se realizan diferentes tipos obras para regular el agua que llevan y mejorar la navegación. En cambio en las de *clima frío,* los numerosos ríos y lagos son de origen glaciario, es decir, gran parte del año están congelados y sólo se los puede aprovechar cuando llega la primavera y comienza el deshielo. En las *zonas áridas* la presencia de ríos y aguas subterráneas es fundamental porque constituyen la única fuente de agua disponible.

Ω

Lectura complementaria

Maneras de evitar la erosión en tierras agrícolas

http://www.amazings.com/ciencia/noticias/041209a.html- Modificado y adaptado 2013.

Zonas muertas en vías fluviales críticas, pérdida acelerada de tierras cultivables y hambrunas masivas. Todo eso es el resultado de los 24.000 millones de toneladas de suelos perdidos cada año por culpa de la erosión, un fenómeno que además le cuesta al mundo la onerosa cifra de 40.000 millones de dólares cada año. Pero predecir dónde se va a desatar la erosión, así como prevenirla, es un serio desafío. Por eso el geógrafo Sean Bennett de la Universidad de Buffalo ha construido varios sistemas para modelar el fenómeno.

El propósito de su trabajo es, por una parte, práctico, orientado a ayudar a los agricultores a emprender mejores medidas para prevenir la erosión, y por la otra, puramente científico, para conocer mejor cómo las superficies planetarias evolucionan con el paso del tiempo.

Esta investigación está ayudando a los científicos a entender mejor algunos de los principales factores de la erosión, incluyendo la compleja formación de canales en el terreno. Los surcos y los riachuelos son los procesos dominantes de la erosión en las tierras agrícolas en nuestros días y el principal factor de la pérdida de los suelos. También son la causa principal del exceso de sedimentos y nutrientes en las vías fluviales, que transportan la tierra y las sustancias químicas corriente abajo.

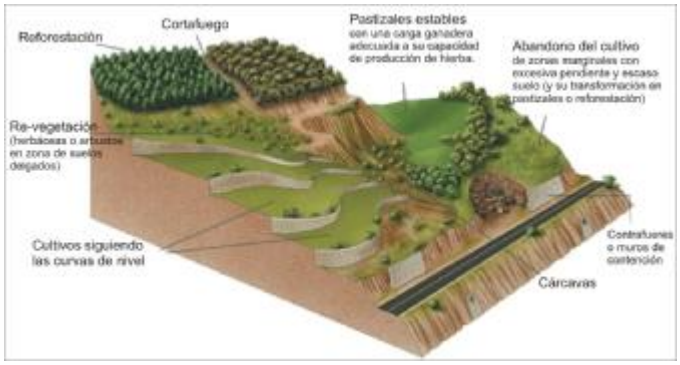
Estas elevadas cargas de nutrientes, incluyendo compuestos de nitrógeno y fósforo de las áreas agrícolas bajo los efectos de la erosión, destruyen los recursos acuáticos útiles para el Ser Humano, al causar el crecimiento ilimitado de algas acuáticas, el agotamiento del oxígeno disuelto y la creación de "zonas muertas" en lugares como el Golfo de México. Irónicamente, las investigaciones anteriores de Bennett demostraron que cuando los agricultores trabajan la tierra eliminando los riachuelos y surcos, en realidad terminan acelerando la erosión. No eliminarlos puede resultar mucho más beneficioso a largo plazo.

El nuevo modelo físico de Bennett muestra una situación similar. Si no se interfiere en su desarrollo, los riachuelos crecen y evolucionan en el tiempo y el espacio, hasta que los procesos erosivos se detienen alcanzando su estado final. Después de alcanzar ese equilibrio, no producen ya mucho sedimento.

Erosión de suelo

La erosión del suelo se está acelerando en todos los continentes y está degradando unos 2.000 millones de hectáreas de tierra de cultivo y de pastoreo, lo que representa una seria amenaza para el abastecimiento global de víveres. Cada año la erosión de los suelos y otras formas de degradación de las tierras provocan una pérdida de entre 5 y 7 millones de hectáreas de tierras cultivables. En el Tercer Mundo, la creciente necesidad de alimentos y leña han tenido como resultado la deforestación y cultivo de laderas con mucha pendiente, lo que ha producido una severa erosión de las mismas. Para complicar aún más el problema, hay que tener en cuenta la pérdida de tierras de cultivo de primera calidad debido a la industria, los pantanos, la expansión de las ciudades y las carreteras. La erosión del suelo y la pérdida de las tierras de cultivo y los bosques reduce además la capacidad de conservación de la humedad de los suelos y añade sedimentos a las corrientes de agua, los lagos y los embalses.

La erosión del suelo y la desertización: La erosión del suelo puede provocar una pérdida de suelo fértil llegar a degradarse hasta convertirse en un desierto. Por eso es muy importante tomar medidas de prevención y de recuperación de los suelos erosionados. Para evitar la erosión del suelo hay que darle un uso adecuado y realizar actuaciones que no lo degraden. En cualquier caso, lo mejor es que siempre esté cubierto de vegetación. En tierras agrícolas es conveniente utilizar cultivos que sean apropiados a las características del terreno, y en el resto del terreno es bueno repoblar con especies autóctonas.



Ω

Fuentes consultadas y sitios sugeridos

http://4.bp.blogspot.com/_h5YX0odGVRM/Sww71cv8l7I/AAAAAAAAACA/IiGPunK8B0o/s1600/erosion.jpg
http://4.bp.blogspot.com/_whn-VDrrGT8/SgxwBds8b8I/AAAAAAAAEm8/FRxi9bDvb_A/s400/geodiaclasagrietageli.JPG
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/54/htm/sec_8.html
http://bloggrupodetrabajowalamba.files.wordpress.com/2010/02/territorio-del-gran-chaco.jpg
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aconcagua_%28aerial%29.jpg
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geo_map_Balt_shield1.png
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taklimakanm.jpg
http://ctmaiesllavaneres.blogspot.com.ar/2011/01/vores-divergents-en-la-terra-grans.html
http://descubreelpaisaje.blogspot.com.ar/2012/05/meteorizacion_20.html
http://descubreelpaisaje.blogspot.com.ar/2012/05/meteorizacion_20.html
http://digitalcameraadventures.blogspot.com.ar/2012/05/el-origen-del-mundo-perdido.html
http://es.wikipedia.org/wiki/Meseta
http://es.wikipedia.org/wiki/Monta%C3%B1a – Adaptado.
http://es.wikipedia.org/wiki/Relieve_terrestre
http://espaciosamericanos.blogspot.com.ar/2011/05/principales-cuencas-hidrograficas-de.html
http://ex-umbra-in-solem-editorial.blogspot.com.ar/2012_10_01_archive.html
http://geografia.laguia2000.com/hidrografia/argentina-hidrografia
http://geografia.laguia2000.com/hidrografia/el-estudio-de-los-rios-el-curso
http://momogama.wordpress.com/2012/11/
http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/3ESO/Agentes_1/ampliaquimica.htm
http://sphotos-a.ak.fbcdn.net/hphotos-ak-ash3/488089_604342506246889_1973931254_n.jpg
http://www.aguascordobesas.com.ar/educacion/aula-virtual/planeta-agua/aguas-continentales
http://www.aula2005.com/html/cn1eso/02latierra/02latierraes.htm
http://www.buenastareas.com/ensayos/Movilidad-De-La-Tierra/3083824.html
http://www.dmae.upm.es/Astrobiologia/Curso_online_UPC/capitulo6/5.html
http://www.easyviajar.com/yemen/las-montanas-3559/el-valle-de-bokur
http://www.google.com.ar/imgres?imgurl=http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wp-content/blogs.
http://www.iescastulo.com/ccnn.html
http://www.meteofa.mil.ar/vaac/listado.htm
http://rse.pe/?p=41 editor21 noviembre, 2011 18:130 commentsMINERÍA
http://www.monografias.com/trabajos74/evaluacion-geologica-deslisamiento-cerro-elcarate/evaluacion-geologica-deslisamiento-cerro-elcarate2.shtml
http://www.nationalgeographic.es/environment/natural-disasters/cmo-se-miden-los-terremotos
http://www.nationalgeographic.es/environment/natural-disasters/erupciones-volcnicas-histricas
http://www.nationalgeographic.es/medio
http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea18s/ch05.htm
http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/rioparana/regimen.htm
http://www.portalciencia.net/geolotec.html
http://www.tsunami.noaa.gov/
http://www.viaje-a-china.com/rio-yangtze/curso-inferior.htm
http://www.viaje-a-china.com/rio-yangtze/curso-inferior.htm
http://www.viajo.org/wp-content/uploads/2008/04/cultivo_arroz_filipina.JPG
http://www.windows2universe.org/earth/tsunami1.html&lang=sp

Information for kids (Información para niños)

About the December 26, 2004 Sumatra Indonesian tsunami
After the December 26, 2004 Sumatra tsunami - NSF Report and Website
How models and data are used to generate inundation maps and forecasts
NASA - Photos and Animations
Preparedness and response and the Tsunami Resilient Community
Responding to a Tsunami Warning
Tsunami Events pages from the NOAA Center for Tsunami Research
Tsunamis: Know What to Do (60 mgs) Captioned and Non captioned version (faster download via YouTube

Ω

Cuencas Hidrográficas de América

El Continente Americano posee numerosos ríos que influyen en la vida de su población. Ríos como el Mississippi, San Lorenzo, el Amazonas y el Paraná son importantes como vías de comunicación.

Esto se debe a que facilitan el transporte de recursos o productos industriales, agropecuarios y minerales, del interior del continente a los puertos marítimos o a ciudades situadas a lo largo de su curso.

Otros ríos sirven de frontera natural entre los países americanos. Dos ejemplos de ellos son: el río Grande del Norte, entre México y Estados Unidos; y el río Uruguay, entre Argentina y Uruguay.

Ríos de América del Norte

En América del Norte existen cuatro grandes cuencas o pendientes con escurrimiento de aguas de los ríos hacia el: Océano Glacial Ártico, el Océano Atlántico, el Golfo de México y el Océano Pacifico.

En el norte, la actividad glaciaria generó grandes depresiones que fueron ocupadas por numerosos lagos dispuestos en forma de un arco cóncavo hacia el polo norte. Los ríos de la vertiente del Ártico se alimentan con las aguas que corren al fundirse las nieves. Gran parte de ellos se congela en invierno, por lo que su utilidad como vías de comunicación se reduce. El Mackenzie es el río más importante de esta vertiente.

Los ríos de la vertiente del Atlántico tienen un recorrido más largo que los de la vertiente del Pacífico. Esto se explica por la proximidad de las cadenas montañosas a la costa del Pacífico y por las grandes llanuras centrales que se extienden en extremo del Atlántico. Los ríos de la vertiente del pacífico son más cortos, con quiebres de pendientes frecuentes y poco navegables. Por el contrario, las grandes cuencas fluviales que se localizan en la vertiente del Atlántico forman extensos ríos, propicios para la navegación como el Mississippi.

► **Cuenca del Mississippi**. Es uno de los ríos más largo del mundo (6.270 km) su cuenca que abarca tres millones de km^2, desemboca en el Golfo de México. Cubre toda la llanura central y es un paradigma mundial de la administración integrada para el control de los cauces y el aprovechamiento de las aguas en una cuenca hidrográfica que se extiende por 31 jurisdicciones estatales de los Estados Unidos y dos provincias Canadienses. La desembocadura del río forma un delta de tipo ramificado o digitado, es decir, con el aspecto de la pata de un ave. Es consecuencia del depósito de sedimentos en suspensión que trae el río, que ingresan mar adentro a través de un largo canal. El Mississippi arrastra aluvión compuesto de arena y grava que proviene gran parte de las Montañas Rocosas.

Los ríos de América Central

Desembocan en dos vertientes: la del Pacífico y la del Atlántico. Los ríos que desembocan en el Pacífico tienen un recorrido más corto por la proximidad de las montañas a la costa. Entre los principales ríos del pacífico están: Lempa y Choluteca. Los ríos que desembocan en el océano Atlántico tienen un recorrido más largo. Los principales son: Usumasinta, Chamelecon, Wans, San Juan y Grande. La mayor parte de los ríos poseen un alto grado de contaminación. Las causas principales son: la eliminación de los desperdicios urbanos (aguas negras), los desechos químicos de las industrias y los fertilizantes de las áreas agrícolas que fluyen a través de los ríos. Casi todos los estudios concuerdan en que el 90% de las aguas superficiales de El Salvador están contaminadas.

Ríos de América del Sur

Si se observa la imagen satelital del continente, podríamos advertir características claves en la orientación de sus ríos. Los que desembocan en el océano Pacífico suelen ser veloces, cortos y poco navegables, mientras que los que confluyen en las aguas del Atlántico presentan rasgos opuestos.

En América del Sur, los ríos escurren de acuerdo con tres vertientes bien definidas.

- una de ella se orienta hacia el norte del continente, en dirección al mar Caribe,
- la segunda vertiente es la del océano Pacífico donde desaguan los ríos que nacen desde la

cordillera de los Andes. Estos ríos son muy cortos y torrentosos y algunos se utilizan para riegos o con fines hidroeléctricos.

- la tercera vertiente es la del océano Atlántico donde se vuelcan las aguas de tres grandes cuencas: la del río Orinoco, la del Amazonas y la del Río del la Plata además de las de los ríos patagónicos.

Pero estos no son los únicos de importancia en estas tierras. Existen cursos como el Magdalena y el Cauca en Colombia, el Bio Bío en Chile y un conjunto patagónico como el Colorado, Negro, Deseado, Chubut, Santa Cruz y Turbio que son de gran relevancia económica y no pertenecen a ninguno de los grandes sistemas anteriores. Estos ríos, además de ser cruciales en aplicaciones agrícolas, guardan un valor estratégico en momentos en que las actividades productivas requieren cada vez mayor energía. Su función como productores de energía hidroeléctrica no fue tenida en cuenta lo suficiente en el pasado y en cambio se realizaron inversiones más económicas en centrales termoeléctricas que operan a gas o carbón.

Pero estas decisiones, baratas en el cortoplazo, representan un ahogo en el futuro dado que las reservas gasíferas en la región sólo alcanzan para 45 a 50 años más. En cambio, el continente tiene un importante potencial energético y la instalación de represas hidroeléctricas como la de Itaipú, permite generar energía con fuentes renovables. Aunque no son inocuas, tampoco son tan nocivas para el ambiente como las que queman combustibles fósiles…

► **Cuenca del Amazonas**. La cuenca amazónica es la de mayor superficie del mundo (3.889.489 km²). Con 6.868 km de longitud el Amazonas es el río segundo más largo del Planeta y el de mayor caudal de agua (100.000 m³/s) en la desembocadura. Sus fuentes fueron un misterio hasta hace poco tiempo. Nace en la altiplanicie de La Raya (Perú) con el nombre de Vilcanota. A medida que desciende recibe los nombres de Ucayali, Urubanda, Marañón y, ya en territorio brasileño, Solimões. Es a partir de la confluencia con el río Negro cuando toma el nombre definitivo de Amazonas. En Brasil discurre sobre una amplia llanura en la que se cuentan más de 23.000 km de ríos navegables. Tiene más de 7.000 afluentes, los principales son el Negro, el Trombetas y el Jari, por la izquierda; y el Madeira, Xingu y Tapajós por la derecha. Cerca de su desembocadura, en la época de las inundaciones, el encuentro de sus aguas con el mar durante las mareas altas provoca un fenómeno conocido como pororoca.

La Cuenca del Plata

Es la más importante de la República Argentina y la segunda en importancia del continente. Recoge las aguas que bajan de la Puna, del Sistema Sub-andino, de las Sierras Pampeanas y de los ríos que recorren las llanuras Pampeana, Chaqueña y Mesopotámica. Por sus dimensiones y posibilidades económicas, la Cuenca del Plata es de las potencialmente más ricas del planeta; su variedad morfológica y climática ha generado en ella recursos hídricos diferenciados, entre los que descuellan por su magnitud los ríos Paraná (con su tributario el Paraguay) y el Uruguay cuyos cursos culminan en el río de la Plata, originado por la confluencia de ambos. Contiene geoecosistemas claves:

- El gran humedal del Pantanal - depresión periférica-, compartido por Brasil, Bolivia y Paraguay en la cuenca alta del río Paraguay es el reservorio de una enorme riqueza biológica y actúa como el regulador del sistema hidrológico de la Cuenca del Plata al retardar en cuatro meses el acceso al Paraná de las aguas del río Paraguay y evitando la conjunción de los períodos de máximos caudales de ambos ríos.
- El Chaco es el segundo bioma en superficie de la América del Sur. Corresponde a un área aluvional que se localiza al este de la cordillera de los Andes, formada por el depósito de sedimentos de los ríos

Bermejo y Pilcomayo de los cuales el primero es responsable por el 90% de los sedimentos que se depositan en la desembocadura del Paraná.

- Cuenca del río Bermejo. Por ser el único río que logra llegar con sus aguas desde los Andes al río Paraguay, constituye un corredor ecológico natural entre los geoecosistemas de Puna en la montaña, el piedemonte de yungas y las zonas secas y húmedas de las planicies del Chaco. La sub cuenca del Bermejo, por su importancia en el conjunto de la Cuenca del Plata, dio lugar al primer proyecto apoyado por el GEF en aguas internacionales en América Latina y dispone ya de un Programa Estratégico de Acción (PEA) que está siendo ejecutado por los Gobiernos de Argentina y Bolivia.
- La Pampa, por su dimensión constituye el tercer geoecosistema de importancia global de la Cuenca del Plata. Los suelos más fértiles de la Cuenca del Plata se localizan en estas planicies pampeanas y desde temprano en ella se asentó la producción agropecuaria.

La cobertura de la Cuenca es completada por importantes partes de otros dos geoecosistemas claves en la América del Sur, el Cerrado, al Norte de la Cuenca, de amplia diversidad biológica y, la Mata Atlántica, al Noreste de la Cuenca, caracterizada principalmente por una fuerte deforestación de su bosque original que ha reducido su cobertura al 4% de su estructura primaria.

Estos datos sobresalientes son indicativos de la abundancia y calidad de los recursos naturales y de la productividad natural, bienes y servicios que prestan estos ecosistemas, así como algunos de sus mayores problemas. Manifiesta también lo clave que ha sido y que continua siendo, la disponibilidad en calidad y cantidad de sus recursos hídricos para la sostenibilidad del proceso de desarrollo de la región y como el agua es factor vinculante de las partes en un sistema integrado en la Cuenca que es esencialmente interdependiente, preocupación ya atendida por el GEF para algunas de sus áreas críticas, pero donde alta una gestión integradora sobre la unidad de planeación y manejo que constituye la gran Cuenca del Plata.

Los países que gozan del condominio de sus recursos hídricos superficiales son la Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay, cada uno de los cuales sustenta distintos intereses en la utilización del agua. En ciertos sectores de la cuenca predomina su empleo como vía de navegación (Argentina y Paraguay) y en otros, por el contrario, el principal destino es la generación de hidroenergía (Brasil y Bolivia) alternativa a la que nuestro país se abre ahora con los aprovechamientos de Salto Grande y otros en ejecución.

Para la Argentina la cuenca representa un recurso estratégico en sí mismo, ya que no solo engloba su mayor riqueza fluvial y pluvial sino que, además, en ella se concentra aproximadamente el 70% de su población, radicada en el 37% en la superficie del territorio nacional (918.900 km^2). Dentro de la vasta cuenca que abarca todos los afluentes que llegan a los cauces troncales de los ríos Paraná-Paraguay y Uruguay, además del Plata propiamente dicho se distinguen cuatro subcuencas principales.

El 40% de la cuenca pertenece al cinturón climático tropical de máxima heliofanía potencial y lluvias cenitales, modificado por la presencia de relieves orográficos de altitud dispar -desde las moderadas cordilleras costeras del Brasil (1.500 a 2.000 m) a la muralla andina que supera los 6.000 msnm sobre los que irrumpen las masas de aire marítimo y continental que integran la circulación general de la atmósfera, componiendo sobre el dilatado espacio de la cuenca un esquema de precipitaciones de tipo predominante pluvial, ya que las nevadas de las altas cuencas del Pilcomayo y Bermejo representan solo un pequeño porcentaje del total. Su distribución anual ofrece como rasgo más destacado la escasez invernal que caracteriza al oeste de la cuenca, a causa de la supresión de los procesos convectivos que originan la mayor

parte de las lluvias, debido a que en esa estación del año se establece el puente de altas presiones que une a los anticiclones del Atlántico y del Pacífico sobre el continente.

Hacia el norte dominan las precipitaciones tropicales que en el área subtropical dejan paso a la pluviosidad persistente todo el año que prima en estados meridionales del Brasil, Uruguay y centro este de la provincia de Buenos Aires. Existen también áreas de transición, una con máximo pluvial de otoño, que rige en el tramo austral del eje Paraná-Paraguay. Estas diferencias zonales de la pluviosidad se reflejan en el régimen hidrológico de la cuenca. El aporte anual es reducido por la evaporación causada por las altas temperaturas y la gran radiación solar que afectan particularmente a toda la región ubicada a occidente del eje fluvial Paraná-Paraguay, que además se caracteriza por presentar sus ríos crecientes estivales.

El *río de la Plata* es el río más ancho del mundo, con 221,5 km de superficie, tomada esta entre el cabo San Antonio y Punta del Este, estos puntos extremos de su desembocadura. La longitud es de 275 km. y el caudal de más de 22.000 m^3/s. Su cuenca es la más importante de nuestro país. Principales Afluentes: Ríos Paraná y Uruguay (97% del ingreso fluvial).

La cuenca del río Paraná

El río Paraná es el segundo en longitud de Sudamérica, después del Amazonas. Se extiende 4.000 km y tiene una cuenca de 2.800.000 km^2 que ocupa la mayor parte del sudeste brasileño, Paraguay, el este de Bolivia y el norte de la Argentina. Junto con sus tributarios forma el mayor de los dos sistemas fluviales que desaguan en el río de la Plata (junto con el río Uruguay).

Cuenca del río Paraná

Río Salado del Norte: +70.000 km^2 - Sub cuenca río Paraguay: aprox. 980.000 km^2
Sub cuenca del río Alto Paraná: aprox. 1.150.000 km^2 - Fuente: Fritschy, 2003 modificado 2012

El *curso superior* es profundo y angosto. El perfil transversal tiene forma de V. La pendiente es muy pronunciada y empinada. En este sector, es torrentoso. Aquí posee aquí su máxima velocidad, por ende, su acción erosiva es mayor ya que la corriente de agua tiene fuerza suficiente como para transportar los materiales que carga. La fuerza erosiva se ejerce principalmente en sentido vertical. Existen

rápidos, saltos y cataratas (ej. Cataratas del Iguazú).

El Curso medio se caracteriza por poseer un valle ancho en su perfil transversal. La pendiente es más suave y se desarrolla un lecho mayor de importancia que le permite almacenar agua en forma natural en situación de crecida extraordinaria. Aquí se encuentran meandros en todos los grados de evolución. Disminuye la velocidad del curso del agua y también el tamaño de los sedimentos que transporta. El diseño anastomosado es característico del lecho ordinario.

El Curso inferior se caracteriza por el amplio valle transversal. Se divide en canales poco profundos por lo que la velocidad se reduce al igual que la pendiente. Ello facilita la acumulación de los sedimentos y la formación de islas con albardones donde se desarrolla el bosque aluvial. Los brazos más importantes son el Paraná Guazú y el Paraná de las Palmas.

Desemboca en forma de delta donde se consideran tres secciones: *Delta superior* (desde Diamante, Entre Ríos, hasta Villa Constitución, Santa Fe), *Delta medio* (desde Villa Constitución hasta Ibicuy, E. Ríos) y *Delta inferior* (desde Ibicuy hasta la desembocadura). De esta manera, las islas del Delta Inferior son las más altas y poseen la forma de una "palangana" o "plato hondo", con los márgenes elevados (albardones) cubiertos de bosques, sólo alcanzado por las crecidas extraordinarias, y con un interior bajo, pantanoso, con cuerpos semilénticos bordeados de pajonales de *Panicum prionitis*. En el Delta Medio y Superior, las islas son distintas, más planas y surcadas por madrejones, lagunas, albardones y médanos fijos que tienen un sentido paralelo a los grandes cursos de agua.

El Paraná ofrece un magnífico motivo de asombro: un delta vivo de 14.000 km^2, originado por el depósito de sedimentos. La carga de sedimentos en suspensión sorprende por su magnitud: 200 millones de t/año, que son en su mayor parte (100 millones de t) aportadas por el río Bermejo. Se estima que el delta avanza de 70-90 m/año. Los sedimentos son depositados sobre el Río de la Plata lo que le da al Delta del Paraná su particularidad a nivel mundial, siendo el único delta que no está en contacto el mar sino con otro río: el río de la Plata. El río Paraná conoce de crecidas extraordinarias como las de 1905, 1982/83, 1992, 1998 entre otras.

La estación de aforo Corrientes registra los precipitados en las cuencas de los ríos Paraguay y Alto Paraná. Los datos de caudal (Q) son de suma importancia para los estudios de gestión de cuenta y previsión de inundaciones. Entre Corrientes-Resistencia (Chaco) hasta Diamante (Entre Ríos) se desarrolla el *curso medio* del río Paraná.

Cuencas hidrográficas de la República Argentina

El río Uruguay tiene 1.600 km de longitud. Nace en la sierra del Mar, en Brasil. Todos estos ríos son navegables en buena parte de su recorrido.

El *sistema central* está formado por ríos de cuencas interiores que desaguan en lagunas, esteros y cañadas o bien desaparecen de la superficie. Hay cinco ríos mayores, cuatro que tienen sus fuentes en las sierras de Córdoba y uno que la tiene en la de San Luis: Primero, Segundo, Tercero, Cuarto y Quinto, nombres que indican el orden en que fueron descubiertos.

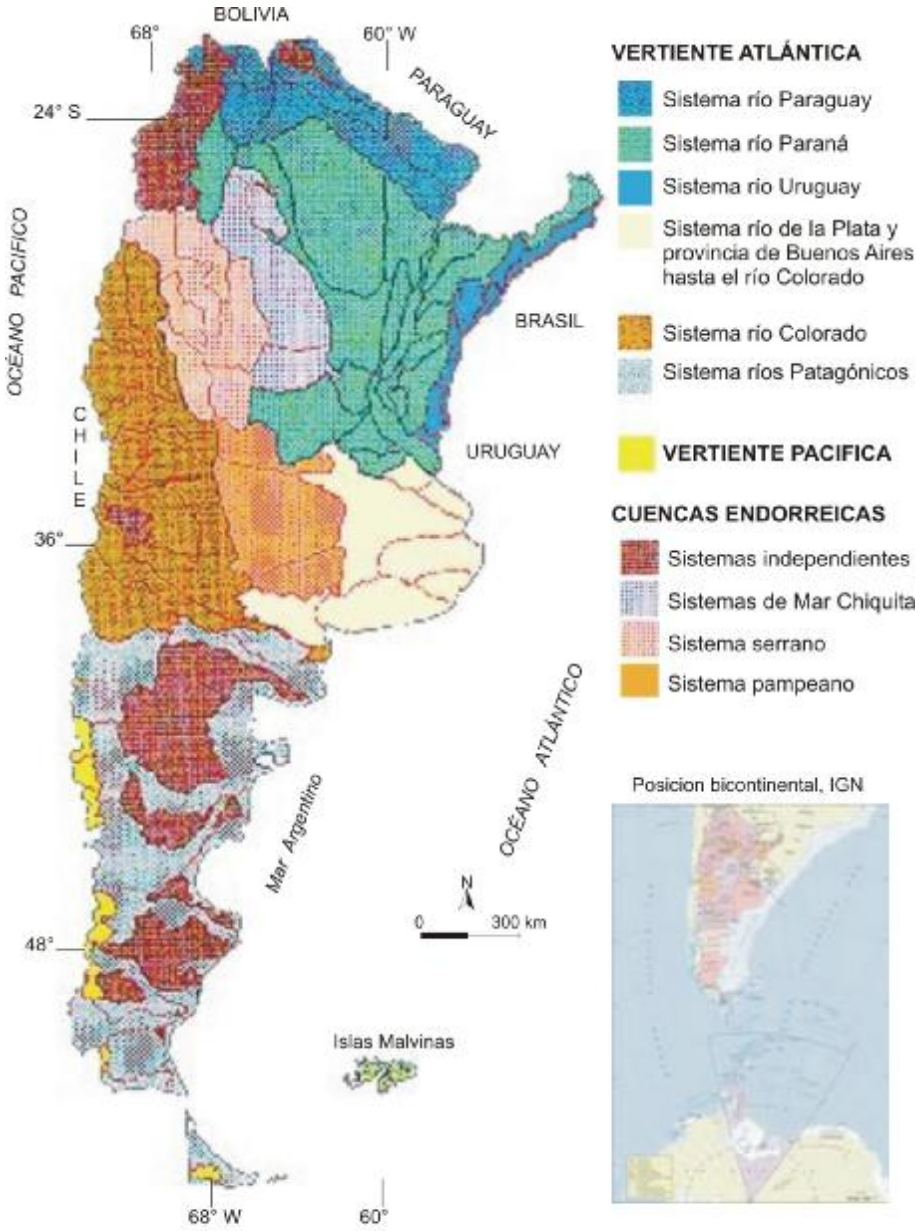
La *cuenca andina* está formada por los ríos que nacen en la cordillera. Salvo excepciones, estos ríos se pierden en lagos, lagunas o esteros. El más importante es el Dulce o Salí, que nace como Tala, se llama Hondo al internarse en Santiago del Estero y termina con el nombre de Saladillo al norte de la provincia de Córdoba, en las lagunas saladas de Porongos.

Le sigue en importancia el Colorado del Norte que riega las tierras de Catamarca y La Rioja y el Bermejo o Vichina y desaparece en tierras de San Juan. De cierta importancia únicamente llegan al Atlántico dos: el Grande de Jujuy y el Salado del Norte (afluente del río Paraná primero).

La *cuenca de la Pampa* abarca unos veinte ríos de escasa importancia. El más destacado es el Salado del Sur. La *cuenca patagónica* está formada por una serie de ríos sin grandes afluentes, más o menos paralelos entre sí, que descienden desde los Andes y van a parar al Atlántico. Los más importantes son el Colorado y el Chubut.

Los ríos proveen de: agua para el consumo humano, para riego en la agricultura y para el ganado; pesca y recreación; genera energía hidráulica; accesibilidad y posibilidad de transporte, ya sea a través del río mismo o de caminos que cruzan el valle de éste. Los ríos son importantes factores del modelado terrestre. Son los principales agentes de transporte de materiales desde los continentes hacia los mares y océanos. Son, además esenciales para el ciclo del agua ya que al llover, el agua se escurre por la superficie, recorre el terreno hasta ir formando pequeños hilos de agua que, desembocando en otros mayores, se denominarán *afluentes.* Éstos, junto al río principal formarán el sistema hidrográfico… una cuenca hidrográfica.

Cuencas hidrográficas de la República Argentina



Fuente: www.hidricosargentina.gov.ar/imagenes/catalog... Modificado por Fritschy, B. A.,2012

Complejo hidroeléctrico binacional de Yacyretá

Los ríos como fuentes de energía son muy importantes, especialmente los de la cuenca del Plata, aunque su aprovechamiento es reducido con respecto a la magnitud del recurso. Entre las obras más importantes se pueden mencionar las centrales binacionales de Salto Grande y Yacyretá. Tras varios años de observaciones, en diciembre de 1973 las Repúblicas del Paraguay y Argentina firmaron el Tratado de Yacyretá para la construcción de esta obra, denominada por algunos “el gigante de América” pues tendrá una superficie ocho veces mayor que la ciudad de Buenos Aires y permitirá un ahorro de 4.000.000 de t petróleo por año. Las obras están emplazadas en el norte de la provincia de Corrientes, sobre el río Paraná a unos 80 km aguas abajo de las ciudades de Encamación y Posadas.

En un principio funcionará con 20 turbogeneradores, pero se le podrán incorporar 10 más cuando el requerimiento energético así lo indique. La energía generada por la Central será derivada a las estaciones transformadoras que cada país construye. Cuando Yacyretá funcione a pleno llegará a producir 20.300 GWh

(giga wat) de energía eléctrica. Esto representa más del 60% del consumo energético actual de ambas naciones.

El objetivo principal de esta obra es la generación de energía eléctrica barata y abundante a Argentina y Paraguay y ello contribuirá al desarrollo del noreste argentino y el sudeste paraguayo, facilitando la radicación de nuevas industrias y originando polos de desarrollo. Otros objetivos de esta obra son: a) mejorar de la navegación en el río Paraná, especialmente en la zona de los rápidos de Apipé, que constituyen, en la época de estiaje del río, un serio obstáculo para la navegación de embarcaciones de cierto calado; b) impulsar la producción agrícola, mediante obras de riego y drenaje; c) desarrollar el turismo, porque en el embalse principal se podrá practicar la pesca comercial y deportiva y todos los deportes acuáticos. Además, esta actividad se verá favorecida por un puente sobre el Brazo Aña Cuá y una ruta internacional terrestre que pasará por la cresta de un tramo de la presa principal que aumentará sensiblemente la vinculación vial de ambas naciones.

Yaciretá

CENTRAL	RIO	PROVINCIA	POTENCIA- kw
Yacyretá (en const.)	Paraná	Corrientes	2700000
Piedra del Águila	Limay	Neuquén	1400000
Salto Grande	Uruguay	Entre Ríos	1260000[1]
El Chocón	Limay	Neuquén	1200000
Alicurá	Limay	Neuquén	1000000
Río Grande	Grande	Córdoba	750000
Planicie Banderita	Neuquén	Neuquén	450000
Futaleufú	Futaleufú	Chubut	448000
El Nihuil 1, II y III	Atuel	Mendoza	259360
Los Reyunos	Diamante	Mendoza	224000
Agua del Toro	Diamante	Mendoza	130000
Arroyito	Limay	Neuquén	120000
Gral. Belgrano (Cabra Corral)	Juramento	Salta	102000

Principales Centrales Hidroeléctricas de Argentina

En el proyecto de la obra se tiene en cuenta el impacto que la misma tendrá en el ecosistema local. Por ejemplo, para proteger la fauna ictícola, se realizan construcciones para facilitar el ascenso y descenso por el río de las corrientes migratorias de peces y se instalarán estaciones de reproducción de peces en ambas márgenes del lago. También se resguardará la fauna silvestre mediante áreas de reasentamiento y reserva, por ejemplo del "ciervo de los pantanos" y de otras especies en extinción. Otras centrales también cumplen una función muy eficiente, como la de Los Reyunos sobre el Diamante y Caverna de Río Grande, en el sistema del Río III que actúan como compensadoras en el Sistema Eléctrico Interconectado, utilizadas en los momentos de mayor demanda o en emergencia. Las principales obras energéticas también ofrecen otros beneficios a la región. Ejemplo: riego, regulación de caudales para evitar inundaciones, mejoras en la navegabilidad de los ríos o en sus embalses para pesca, deportes náuticos etc.

Fuentes consultadas

espaciosamericanos.blogspot.com/2011/05/princ...
espaciosamericanos.blogspot.com/2011/05/princ...
http://2.bp.blogspot.com/-z2_SEBHclqI/Tdhl6hzp7XI/AKK2IdV895U/s1600/Imagen+007.jpg
http://argentina.aula365.com/cuencas-hidrograficas-de-america-latina-agua-dulce/
http://geoamericana54.blogspot.com.ar/2009/06/cuencas-hidrograficas-de-america.html
http://www.alestuariodelplata.com.ar/delta.html
http://www.borello.com.ar/Notas%20de%20Interes/Notas_Riodelaplata.htm
http://www.google.com.ar/imgres?imgurl=http://upload. Fuente: Sposob, Gustavo (2008).
http://www.surdelsur.com/argentinamapas/mapaderios.htm
http://www.yacyreta.org.ar/img/2007/0601/Rio_parana

Ω