



**COMPETENCIA SOBRE AGUA, ENERGÍA, MINERÍA Y
AMBIENTE**

1º CICLO – AÑO 2017

BIBLIOGRAFÍA 1º PROGRAMA:

TEMAS:

1) PARÁMETROS DEL AGUA POTABLE

2) ENERGÍA TÉRMICA

3) CLASIFICACIÓN DE LOS YACIMIENTOS MINERALES

1 – Agua potable, parámetros

Introducción

Que cosa tan dura es la piedra, que cosa tan blanda es el agua. Con todo, las duras piedras se taladran con el agua blanda.
Ovidio

El agua en todas sus formas, no tiene gran respeto a las leyes de la química. La mayoría de los materiales actúan, bien como ácidos, bien como bases, perteneciendo a una o a otra categoría. El agua no. Es una de las pocas sustancias que se pueden comportar como ácido o como base, por lo que en ciertas condiciones es capaz de reaccionar con ella misma. O con cualquier otra cosa.

Las moléculas de agua están fuera de equilibrio y son difíciles de satisfacer. Se alargan para interferir con cualquier molécula que encuentran, empujando sus átomos, rodeándolos y disolviéndolos. El agua es el disolvente definitivo, humedece todo, arranca elementos de las rocas, y los dispone para la vida. Ante ella nada está seguro. No hay un contenedor lo suficientemente fuerte para albergarla. (L. Watson, *The Water Planet*, 1988).

Dejada sola, la naturaleza nos alimenta. Dejada a su aire, la naturaleza nos refresca y sostiene con aire puro. Dejada sola, la naturaleza nos proporciona y limpia el agua que necesitamos para vivir. Como escribió Norse (1985) “en casa vaso de agua que bebemos, algo de esta agua ha pasado ya a través de peces, árboles, bacterias, gusanos del suelo, y muchos otros seres vivos, incluso personas...”. Los sistemas vivos limpian el agua y la hacen adecuada, entre otras cosas, para el consumo humano. La naturaleza actúa por sí misma con un nivel de eficacia y perfección que no podemos imaginar. El problema, desde luego, es que la población humana se ha desarrollado demasiado como para permitir dejar a la naturaleza que trabaje en solitario. A nuestros ojos, la naturaleza trabaja en el ciclo hidrológico por nuestra necesidad continua de agua, para proporcionar un suministro constante de agua que permita sostener la vida, pero el ciclo hidrológico en sí mismo es imparable, con actividad humana o sin ella. La naturaleza nos proporciona el abastecimiento sin fin de agua, sin embargo, desarrollar y mantener un suministro de agua en buen estado requiere los esfuerzos coordinados de ingenieros, científicos, tecnólogos, planificadores, operarios y políticos.

Cuando se viaja por el mundo, una de las primeras cosas que se aprende a preguntar es si el agua de bebida está en buen estado, si es potable. Desgraciadamente en la mayoría de los lugares del mundo la respuesta es “no”. Cerca del 40% de la raza humana no tiene acceso adecuado a agua segura. Se estima que las enfermedades hídricas provocan la muerte de más de 25 mil personas diariamente.

A fines del siglo XX se establecieron los primeros límites que restringían la cantidad de organismos presentes en el agua apta para el consumo humano. En ciertos casos el agua está tan contaminada por las actividades humanas que es nociva para la salud, y llega a transformarse en la fuente de algunas de las enfermedades a las que nos exponemos día a día.

Como bien lo expresa nuestro Papa Francisco en su encíclica ‘*LAUDATO SI*’ sobre el cuidado de la casa Común, en el Capítulo II “La cuestión del agua”: “*el acceso al agua potable y segura en un derecho humano básico, fundamental y universal, porque determina la sobrevivencia de las personas, y por lo tanto, es condición para el ejercicio de los demás derechos humanos*”.

Desde 1990, la ONU ha emitido 10 declaraciones formales sobre el Derecho al Agua, y a fines del año 2002 el Comité de Derechos Sociales, Económicos y

Culturales de la misma organización, a través de un pacto, reconoció el derecho humano fundamental a contar con agua **segura**, afirmando que “el agua debe ser considerado un bien social y cultural, y no primordialmente como un bien económico”: todos los países que firmaron dicho pacto tienen que velar por que el cumplimiento del mismo.

Así es. El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos.

En la declaración de las Naciones Unidas sobre “el derecho humano al agua”, se mencionaron los cinco atributos que constituyen las bases para la seguridad del agua. Textualmente expresaron que se “*otorga el derecho a todos al agua suficiente, segura, aceptable, físicamente accesible y asequible para uso personal y doméstico*”.

Lamentablemente, todavía para millones de personas, el agua suficiente, segura, aceptable, accesible y asequible para la vida es una esperanza de futuro, y no una realidad del presente.



Agua segura – Agua potable

Ante la dificultad de poder disponer de agua potable disponible para consumo humano en muchos lugares del planeta, principalmente por motivos de costo, asociados a prioridades de los gobiernos locales, se ha consolidado el concepto de ‘*agua segura*’ considerando así el agua que no contiene bacterias peligrosas, metales tóxicos disueltos, o productos químicos dañinos a la salud, y es por lo tanto considerada segura para beber. Existen numerosos programas de cooperación internacional cuyo objetivo se centra en divulgar procedimientos fáciles y económicos para obtener agua segura, dirigidos a países en vías de desarrollo.

En cada país existen distintos organismos que evalúan y controlan el grado de contaminación que poseen sus aguas. El agua apta para el consumo humano puede ser considerada agua segura o agua potable, de acuerdo al cumplimiento de los requisitos químicos, físicos, microbiológicos y organolépticos.

El **agua potable** es aquella que cumple, sin excepción, con todas las normas y requisitos físicos, químicos y microbiológicos definidos en las normas vigentes en cada país y por supuesto es apta para el consumo humano.

Para comprobar si un agua cumple con las normas, es necesario hacer varios análisis. Algunos de ellos se pueden hacer en casa con equipos sencillos, pero los más importantes para la salud deben realizarse con una muestra, en un laboratorio.

Parámetros ó características del agua

En la descripción de la calidad del agua, se usan cuatro tipos de características ó parámetros:

1. **Físicos:** se relacionan con la apariencia del agua, su color, turbiedad, temperatura y en particular su sabor y olor.
2. **Químicos:** incluye la identificación de sus componentes y las concentraciones de éstos.
3. **Microbiológicos:** identifican los agentes microbiológicos presentes en el agua. Estos parámetros revisten mucha importancia para la salud pública.
4. **Radiológicos:** estos factores se deben considerar en zonas donde el agua pudiese tener contacto con sustancias radioactivas. La radiactividad del agua reviste interés para la salud pública.

Parámetros físicos del agua

Las características físicas del agua que nos interesan para definir la calidad del agua de un abastecimiento en particular (cualquier suministro de agua) son las detectables con los sentidos: el olor, gusto o sabor, vista y tacto. El sabor y olor, color, temperatura, turbidez y contenido de sólidos están dentro de esta categoría.



En la figura se pueden ver los parámetros físicos tradicionales como sabor y olor, color, temperatura, turbidez y sólidos. También incluye el pH. Comparamos la alcalinidad y la dureza, aunque pueden ser considerados parámetros químicos. Finalmente, a causa de la importancia del pH en el tratamiento del agua, revisaremos conceptos básicos sobre la solubilidad en agua.

SABOR Y OLOR

Que el agua sea potable no necesariamente implica que tenga buen sabor. Sin embargo, el agua sabrosa, agradable para tomar, no es necesariamente segura. A través del tiempo hemos aprendido que el agua debe ser potable y sabrosa al mismo tiempo, porque si no es sabrosa las personas optarán por agua no tratada que tal vez no sea segura.

Sabor y olor se usan conjuntamente en el conocimiento popular acerca del agua. En el agua de bebida el sabor y el olor no son por lo común un problema hasta que saltan las quejas del consumidor; los especialistas del agua potable han aprendido

pronto de su experiencia que los inconvenientes de olor y sabor **son la primera señal de alarma de un posible riesgo para la salud**. Olor y sabor son por tanto importantes por razones estéticas (como medida de la aceptación del agua), y no deben ser ignorados. Se encuentran más probablemente un olor y sabor censurables en el origen del agua que en el grifo del consumidor.

La desinfección es frecuentemente uno de los puntos de disgusto. La queja mayoritaria del consumidor de agua es “el sabor u olor a cloro”, cuando el umbral del olor es algunas veces de tan sólo de 0,2 a 0,4 mg/L, a un nivel normal de pH.

El sabor y el olor en el agua se deben a una gran variedad de sustancias, como son los minerales, metales y sales del suelo, los constituyentes de las aguas residuales y los productos finales de las reacciones biológicas. Los olores a tierra y a moho, que suelen encontrarse en algunos suministros de agua, derivan de procesos biológicos naturales. Un olor más desagradable (causado por el ácido sulfhídrico H₂S, por ejemplo) es común en abastecimientos de agua. El olor a huevos podridos de ese gas se puede encontrar en agua natural que ha estado en contacto con depósitos de materia orgánica en descomposición. Los suministros de agua subterránea pueden tener esa característica. Los pozos se llaman entonces «*pozos de azufre*».

Los inconvenientes de olor y sabor son más frecuentes en aguas superficiales que en aguas subterráneas. En las aguas superficiales, los problemas de sabor y olor se deben a algas u otros microorganismos. En el agua subterránea son el resultado de la influencia humana, en particular del lixiviado de los vertederos de residuos o rellenos sanitarios.

En el tratamiento de aguas contaminadas, uno de los métodos más comunes para eliminar el sabor y el olor es oxidar los materiales causantes del problema con sustancias oxidantes, como el permanganato de potasio y el cloro. Otro método muy usual es añadir carbón activado en polvo antes de pasar por el filtro. El carbón activado tiene orificios pequeñísimos que absorben las partículas que causan el olor y el sabor. Estos inconvenientes son a menudo controlables en la totalidad de la cuenca con alguicidas, aireación y pretratamiento. Un sistema de tratamiento con una filtración que funcione adecuadamente, puede ayudar también a minimizar los problemas de sabor y olor.

COLOR

También se puede juzgar la calidad del agua por su color y el consumidor lo hace, por lo menos desde el punto de vista psicológico.

El agua pura es incolora, pero el agua en la naturaleza está coloreada a menudo por sustancias externas, como son la materia orgánica del suelo, vegetación, minerales y organismos acuáticos normalmente presentes en las aguas naturales. Al color también pueden contribuir los residuos y efluentes municipales e industriales.

El color del agua se clasifica como **color verdadero** o como **color aparente**. El color del agua que se debe parcialmente a los sólidos disueltos que permanecen después de haber eliminado la materia orgánica en suspensión, se conoce como color verdadero. El color que aporta la materia suspendida en el agua, es el color aparente. En la potabilización del agua, el color verdadero es el más difícil de quitar. Como ya dijimos, el impacto del color en el agua es un asunto estético: los consumidores no encuentran el agua aceptable.

No importa como sea de segura para beber, la mayor parte de la gente rechaza el agua que ofende su sentido de la vista. El público obviamente prefiere el agua clara e incolora.

Los efectos del color del agua, sin embargo, van más allá de las implicaciones psicológicas. El agua coloreada afecta al lavado de ropa, a la industria del papel, a las fábricas textiles y de alimentos. El color del agua tiene un efecto profundo sobre su comercialización tanto para uso doméstico como industrial.

TEMPERATURA

El agua posee muchas cualidades térmicas importantes. Por ejemplo, tiene un elevado calor específico. No está sometida a fluctuaciones de temperatura rápidas ya que puede absorber o perder grandes cantidades de calor con cambios relativamente pequeños de temperatura. La temperatura del agua cambia gradualmente como consecuencia de cambios estacionales. La temperatura del aire circulante influirá más en las masas pequeñas de agua, que en las grandes.

Un abastecimiento ideal de agua tendrá, en todo momento, una temperatura casi constante o una variación de temperatura mínima. Las condiciones reales, sin embargo, no siempre son tales, especialmente en los abastecimientos de agua superficial. Muchos de los problemas de contaminación térmica son consecuencia de actividades antropogénicas. Sin embargo, algunos problemas de calidad son el resultado de fluctuaciones naturales de temperatura.

Cualquiera que sea la causa de las fluctuaciones de temperatura, la vida y reproducción de los peces y de otros organismos acuáticos requiere ciertas condiciones de temperatura. El inconveniente del calor o la temperatura en aguas superficiales (además de la salud de la población de peces) es que **afecta la solubilidad del oxígeno en el agua, la velocidad de la actividad bacteriana y la velocidad de transferencia de los gases al agua y del agua.**

La temperatura no se utiliza normalmente para evaluar el agua más allá de la preferencia de la mayor parte de las personas por el agua de bebida fría; la temperatura tiene poca importancia directa en los suministros públicos de agua. No obstante, es uno de los parámetros más importantes de los sistemas de agua superficial, ya que están sometidos a grandes variaciones de temperatura.

La temperatura también afecta la eficiencia de los procesos que tienen lugar en las plantas de tratamiento. Por ejemplo, la temperatura **afecta a la velocidad de disolución y reacción de la mayoría de productos químicos.** El agua fría requiere mayor cantidad de productos químicos para que se produzca la coagulación y floculación de forma eficaz. Cuando la temperatura del agua es alta, la demanda de cloro también puede aumentar por incremento de la reacción, debido a que las temperaturas más cálidas favorecen el desarrollo de algas y de muchos componentes orgánicos del agua de origen.

TURBIDEZ o TURBIEDAD

La *turbidez* es una propiedad que ayuda a cuantificar la cantidad de luz que atraviesa una columna de agua con partículas orgánicas dispersas (incluyendo algas) y partículas inorgánicas. La dispersión de la luz se incrementa con la carga de partículas en suspensión.

La turbiedad o falta de transparencia del agua es causada por materiales suspendidos en ella, tales como arcilla, sedimentos, algas y otras materias orgánicas. Hay dos maneras principales de medir la cantidad de partículas en suspensión en el agua: por el procedimiento de sólidos totales suspendidos o analizando su transparencia.

La turbidez juega un papel importante en la calidad del agua de consumo humano porque una de las primeras impresiones que se perciben es la transparencia. La turbidez también está compuesta por constituyentes orgánicos e inorgánicos y esas

partículas orgánicas pueden contener microorganismos. Por tanto, **las condiciones de turbidez incrementan la posibilidad de una enfermedad de transmisión hídrica**. La turbidez se incluye dentro de los parámetros físicos porque produce objeciones estéticas y psicológicas en los consumidores, o también mediante parámetros microbiológicos porque puede albergar organismos patógenos e impedir la efectividad de la desinfección.

En los abastecimientos con agua superficial, la turbidez es casi siempre el resultado de la erosión de material coloidal muy pequeño, incluyendo fragmentos de roca, limo, arcilla y óxidos metálicos del suelo. Los microorganismos y el material vegetal pueden contribuir también a la turbidez. Las aguas residuales de la industria y las domésticas realizan aportaciones a la turbidez del agua. Contribuyen a la turbidez detergentes, jabones y agentes emulsionantes.

SÓLIDOS

Todos los contaminantes del agua que no sean gases, contribuyen al contenido de sólidos. Los *sólidos* pueden estar en el agua de dos maneras: en suspensión ó en disolución. Se clasifican por la distribución de tamaño, el estado, y las características químicas.

Los sólidos en el agua de bebida son partículas inorgánicas (sales) con pequeñas concentraciones de materia inorgánica o líquidos inmiscibles¹. Los iones principales son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, potasio, sodio, magnesio y calcio. Los sólidos de naturaleza orgánica presentes en muchas aguas superficiales son la fibra de plantas o sólidos biológicos (bacterias, etc.). Los inorgánicos son arcilla, limo y otros constituyentes del suelo. Estos materiales son a menudo contaminantes naturales que llegan al agua por su acción erosiva al correr sobre ciertas superficies. Las propiedades filtrantes del suelo generalmente determinan que los sólidos en suspensión rara vez son un constituyente de las aguas subterráneas. Otros materiales en suspensión son el resultado del uso humano del agua. El uso industrial del agua puede llevar a la acumulación de una amplia variedad de impurezas orgánicas e inorgánicas en suspensión. Los líquidos inmiscibles como aceites y grasas son constituyentes normales de las aguas residuales.

En la potabilización del agua, el medio más efectivo para eliminar los sólidos del agua es la filtración. Sin embargo, algunos sólidos (incluidos los coloides y otros sólidos disueltos) no se pueden eliminar por filtración.

pH (potencial hidrógeno)

El pH es un número del 0 al 14 en una escala que indica la relativa acidez o alcalinidad del agua. El agua destilada, completamente pura, tiene un pH neutro de 7. Cuanto más bajo es el número, mayor acidez, y cuanto más alto, mayor la alcalinidad.

Cuando se examina un agua en su origen con objeto de valorar su uso potencial como agua de bebida, este parámetro tiene valores entre 4 y 9. Los valores más frecuentes se encuentran entre 5,5 y 8,6. El agua potable de red debe tener un pH entre 6,5 y 8,5 para evitar corrosiones.

El pH del agua se mide generalmente agregando unas gotas de fenol rojo (hidrobenceno) o cresol rojo (metifenol) a una muestra de agua que entonces se tiñe de un tono que va del amarillo al rojo, según la acidez o alcalinidad de la muestra. El color resultante se compara contra una tabla de colores que indica el número del

¹ *Miscibilidad: propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución homogénea.*

pH al que le corresponde cada tonalidad de la prueba. También es posible obtener el pH del agua con unas tiras de papel sensible que simplemente se sumergen en el agua y se comparan con una tabla de colores.

En las aguas naturales, el pH es principalmente función del sistema de carbonatos (dióxido de carbono, ácido carbónico, bicarbonato y carbonato). La entrada de ácidos a un sistema de agua puede alterar sustancialmente el pH. La principal fuente de ácido son los drenajes de zonas mineras y la lluvia ácida.

El agua con bajo pH puede corroer las tuberías de distribución de las plantas de agua potable. La corrosión implica que algunas sustancias (principalmente iones metálicos como Cobre, Plomo, Zinc y Cadmio) pueden entrar en el agua ya tratada. La ingestión de metales pesados puede ser un riesgo importante para la salud humana. El pH en el agua se asocia con la corrosividad, dureza, acidez, cloración, coagulación, estabilidad del dióxido de carbono y alcalinidad.

ALCALINIDAD

La *alcalinidad* es la medida de la capacidad del agua para absorber iones hidrógeno sin cambio significativo del pH. Dicho simplemente, la alcalinidad es una medida de la capacidad tamponadora del agua y por tanto, una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Los constituyentes químicos principales de la alcalinidad en las aguas naturales son bicarbonato, carbonato e iones hidróxido.

Estos componentes son mayoritariamente carbonatos y bicarbonatos de sodio, potasio, magnesio y calcio. Estos constituyentes se originan a partir del dióxido de carbono de la atmósfera, como subproducto de la descomposición microbiana de la materia orgánica, y de los minerales en origen (principalmente compuestos químicos disueltos de rocas y suelos).

El agua altamente alcalina es desagradable al paladar; sin embargo, esta condición no es significativa desde el punto de vista de la salud humana.

El principal problema son las reacciones que ocurren en el agua entre la alcalinidad y ciertas sustancias. Los niveles de alcalinidad pueden también afectar la eficacia de ciertos procesos de la potabilización, especialmente el proceso de coagulación.

DUREZA

La *dureza* del agua se define como la suma de los cationes polivalentes disueltos en el agua. Los cationes más frecuentes son calcio y magnesio, aunque hierro, estroncio y manganeso pueden contribuir también. La dureza se registra normalmente como una cantidad equivalente de carbonato cálcico. Las aguas se suelen clasificar de acuerdo con el grado de dureza como sigue:

<u>Concentración de carbonato cálcico (mg/L)</u>	<u>Clasificación</u>
Menor a 75	Agua blanda
de 75 a 150	Agua moderadamente dura
de 150 a 300	Agua dura
mayor a 300	Agua muy dura

El término agua dura proviene del hecho de que no se produce espuma con el jabón por lo que dificulta la limpieza, formando un residuo duro y grisáceo en las superficies, telas, piel y cabello cuando se realiza el lavado.

Otra forma de evidenciar los problemas con el agua dura es la formación de SARRO en todas las superficies en contacto con el líquido.

El Código Alimentario Argentino establece una dureza máxima de 400 ppm (partes por millón) medidas como miligramos de Carbonato de Calcio por litro de agua, para que el agua sea potable. Sin embargo, los problemas relacionados con el sarro se observan con valores muy inferiores al mencionado.

El sarro genera grandes pérdidas económicas porque obstruye y deteriora cañerías, calderas, calefones, termotanques, lavarropas, lavavajillas, cafeteras, torres de refrigeración y cualquier otro sistema o electrodoméstico que utilice agua caliente, y mancha y dificulta la limpieza de grifería, vajilla, utensilios, vidrios, ropa, bachas, cerámicas, bañeras, etc. En calderas y sistemas enfriados por agua, se producen incrustaciones en las tuberías y una pérdida en la eficiencia de la transferencia de calor. En muchos casos la dureza también le da un sabor indeseable al agua potable.

SOLUBILIDAD EN AGUA

Solubilidad es un término utilizado en relación con el tratamiento del agua en análisis de laboratorio, en estudios de la química/física del agua, y en publicaciones técnicas, aun cuando la solubilidad no es un parámetro físico o químico de ámbito general.

Para comprender la solubilidad se debe entender también la *disolución en agua*, líquido homogéneo formado por el *solvente* (la sustancia que disuelve otra sustancia) y el *soluto* (la sustancia que se disuelve en el solvente). **La solubilidad se define como la masa de sustancia contenida en una solución que está en equilibrio con un exceso de la sustancia.**

Parámetros químicos

Los parámetros químicos del agua están divididos en dos grupos básicos: **orgánicos e inorgánicos**. Ambos entran en el agua por causas naturales o por contaminación. La capacidad del agua para disolver está directamente relacionada con sus parámetros químicos.

COMPUESTOS ORGÁNICOS

Los *compuestos orgánicos naturales* contienen carbono y consisten en materia orgánica biodegradable como los desechos de procesos biológicos, residuos humanos y heces animales. Los microbios aerobios rompen las complejas moléculas orgánicas y las convierten en productos finales más simples y más estables. La degradación microbiana rinde como productos finales dióxido de carbono, agua, fosfatos y nitratos. Las partículas orgánicas del agua pueden albergar bacterias dañinas y patógenos. En una planta de tratamiento de agua **deben eliminarse todos los componentes orgánicos** antes de la desinfección.

Dentro de los *compuestos químicos orgánicos* hay sustancias naturales y otras que se fabrican a partir de materia animal o vegetal. Los plásticos son un buen ejemplo de compuestos químicos orgánicos que se fabrican a partir de petróleo, el cual originalmente proviene de materia vegetal y animal. Algunos productos químicos orgánicos se liberan con la descomposición vegetal que sucede de forma natural, y por sí mismos no plantean problemas de salud en el agua de bebida. Sin embargo, se pueden presentar inconvenientes debido a más de 100.000 productos químicos orgánicos sintéticos en uso comercial hoy día. Se trata de pinturas, herbicidas, fertilizantes sintéticos, pesticidas, combustibles, plásticos, tintes, conservantes, saborizantes y fármacos, por nombrar unos pocos.

Hay que recordar que las sustancias orgánicas en los sistemas de agua pueden ser consecuencia tanto de procesos naturales como antrópicos. Generalmente la principal fuente de materia orgánica en las aguas naturales es la descomposición de hojas, hierbas y árboles.

En el agua, las sustancias orgánicas disueltas se dividen en dos categorías: **biodegradables y no biodegradables**.

El material *biodegradable* (capaz de descomponerse por efectos biológicos) consiste en las sustancias orgánicas que los microorganismos presentes en la naturaleza pueden utilizar como nutrientes, dentro de un período de tiempo razonable. Los alcoholes, ácidos, almidones, grasas, proteínas, ésteres y aldehídos son los principales. Los contienen los residuos líquidos domésticos, o pueden ser el resultado de la descomposición de tejidos animales o vegetales. Las sustancias orgánicas biodegradables causan problemas en las aguas superficiales por los efectos derivados de la acción de los microorganismos, ya que al metabolizar la materia orgánica consumen oxígeno.

Cuando este proceso tiene lugar en el agua, el oxígeno consumido es oxígeno disuelto (OD). Si no se reemplaza continuamente el oxígeno por medios artificiales el nivel de oxígeno disuelto decrece a medida que progresa la descomposición de la materia orgánica. La necesidad de oxígeno se denomina **demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**. Este bioensayo mide el oxígeno que consumen los microorganismos que utilizan la materia orgánica, y el oxígeno disuelto en el líquido. Las sustancias se rompen en otras más simples, y los microbios usan la energía liberada para crecer y reproducirse. Cuanto más alta es la DBO, mayor es la contaminación. Cuanto más alta la DBO mayor es la cantidad de materia orgánica que contiene el agua.

La **DBO⁵** es la cantidad de oxígeno demandada por las bacterias para romper la materia orgánica en condiciones aerobias durante un período de incubación de cinco días a 20°C.

Los compuestos orgánicos *no biodegradables* resisten a la degradación biológica. Los constituyentes de las plantas leñosas son un buen ejemplo. Estos constituyentes se denominan refractarios (resistentes a la biodegradación) e incluyen taninos, ácidos lignícos, fenoles y celulosa. No son biodegradables algunos polisacáridos con uniones excepcionalmente fuertes, y el benceno con su estructura en anillo (por ej., asociado con la destilación de petróleo).

Ciertas sustancias no biodegradables pueden reaccionar con el oxígeno disuelto en el agua. La **demanda química de oxígeno (DQO)** es una medida más completa y exacta del consumo total de oxígeno disuelto en el agua. Se define el **DQO** como el ensayo que proporciona el oxígeno equivalente a la cantidad de materia orgánica de una muestra, que es susceptible de oxidarse por un oxidante químico fuerte. El análisis de DQO requiere aproximadamente una hora.

La DQO es siempre mayor que la DBO ya que comprende la materia oxidable por medios biológicos y aquella que solo lo es por medios químicos. Como toda la materia oxidable biológicamente también lo es químicamente entonces la DQO es siempre mayor que la DBO.

Compuestos químicos orgánicos sintéticos: Los *productos químicos orgánicos sintéticos* son productos manufacturados por el hombre. No se encuentran de forma natural en el ambiente y a menudo son tóxicos para el hombre. Se comercializan más de 50.000 diferentes, e incluyen pesticidas, tetracloruro de carbono, cloruro, dioxina, xileno, fenoles, aldicarbono y miles de otros.

Compuestos químicos orgánicos volátiles: Son productos químicos orgánicos particularmente peligrosos. Se absorben a través de la piel durante el contacto con el agua, como el baño o ducha. La exposición al agua caliente los evapora con rapidez, y es nociva su inhalación. Pueden aparecer en cualquier agua de grifo sin importar el lugar del país en que uno vive y el agua de la que se abastece.

FLUORUROS

El fluoruro se encuentra rara vez en cantidades apreciables en las aguas superficiales, y aparece en las subterráneas de unas pocas regiones geográficas, aunque a veces se encuentra en rocas ígneas o sedimentarias. El flúor es tóxico para los humanos en grandes cantidades, también lo es para algunos animales. Sin embargo en pequeñas concentraciones (alrededor de 1 miligramo por litro en el agua de bebida) puede ser beneficioso.

La experiencia ha demostrado que un agua de bebida con una cantidad apropiada de flúor puede reducir hasta un 65% caries dentales en niños entre 12 y 15 años. Pero cuando la concentración de flúor en el agua natural no tratada es excesiva, se deben utilizar abastecimientos alternativos o aplicar tratamientos para disminuir esa concentración.

METALES PESADOS

Los *metales pesados* son elementos con peso atómico entre 63,5 y 200,5, y peso específico mayor de 4. Los metales pesados de interés particular en los sistemas de agua superficial son cadmio, cromo, mercurio, plomo, arsénico y antimonio.

Los metales pesados en el agua se dividen en tóxicos y no tóxicos. Únicamente los metales que son dañinos en pequeñas cantidades se denominan tóxicos, los otros caen en el grupo de los no tóxicos. En las aguas naturales (excepto las subterráneas), la causa de que lleven metales es la disolución de los depósitos, y los vertidos de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales.

Aunque los metales pesados como el hierro y el manganeso no son causa de intoxicaciones, le dan al agua un sabor notablemente amargo aun a concentraciones muy bajas. Estos metales son frecuentes en las aguas subterráneas, y ellos y otros pueden provocar manchas marrones o negras en la colada y en tuberías y sus partes integrantes.

NUTRIENTES

Los elementos que puede contener el agua, como carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, hierro, potasio, manganeso, cobalto y boro, todos ellos esenciales para el desarrollo y reproducción de plantas y animales, se llaman *nutrientes* (o bioestimulantes). Los dos nutrientes de interés en el análisis de la calidad del agua son nitrógeno y fósforo.

El *nitrógeno* (N_2), gas extremadamente estable, es el componente principal de la atmósfera terrestre (78%). En el agua el nitrógeno se encuentra comúnmente en forma de *nitrito* (NO_2), lo cual indica que el agua puede estar contaminada con aguas residuales. También los nitratos pueden llegar a las aguas subterráneas por los fertilizantes utilizados en la agricultura. Las concentraciones excesivas de nitrito en las aguas de bebida son una amenaza inmediata hacia niños, humanos y animales muy jóvenes, y pueden causar la muerte. Las bacterias que se encuentran normalmente en el tracto intestinal de los niños pequeños pueden convertir el nitrito en nitrato (NO_3), que es tóxico. El nitrato puede reemplazar al oxígeno del torrente sanguíneo y provocar su descenso, que causa una decoloración azulada en el niño (síndrome del niño azul).

El *fósforo* (P) es un nutriente esencial que contribuye a la proliferación de algas y a la eutrofización² de cuerpos de agua, aunque su presencia en el agua de bebida tiene un efecto pequeño sobre la salud. En los ambientes acuáticos el fósforo se encuentra en forma de fosfatos y es un nutriente limitante. Si se usa todo el fósforo, se detiene el desarrollo de las plantas, sin importar la cantidad de nitrógeno disponible. Muchas masas de agua dulce tienen entradas de fósforo y nitrógeno de fuentes exteriores. Las fuentes principales de fósforo incluyen a los fosfatos de los detergentes, los fertilizantes, el lavado de suelos con ganado estabulado y los vertidos de las aguas residuales domésticas.

Parámetros microbiológicos

La microbiología es el estudio de los organismos de dimensiones microscópicas, que sólo pueden ser vistos con ayuda de un microscopio. Los microbiólogos son científicos interesados en el estudio de la forma, estructura, fisiología, reproducción, metabolismo e identificación de los microorganismos. Los microorganismos objeto de su estudio son bacterias, hongos, protozoos, algas y virus. Cualquiera de estos organismos y todos ellos pueden estar presentes en el agua.

BACTERIAS

De todos los microorganismos estudiados en este texto, las bacterias son las de distribución más amplia, las de morfología (estructura) más sencilla, las más difíciles de clasificar y las de identificación más dura. Debido a su considerable diversidad, es difícil proporcionar una definición descriptiva de las bacterias. Se puede hacer sólo una generalización. Las bacterias son unicelulares, procariotas (no tienen membrana nuclear), pocas veces realizan la fotosíntesis y se reproducen por fisión binaria.

Se encuentran en todas partes en el medio ambiente, en el suelo, en el aire y en el agua. Están también presentes dentro y fuera de los cuerpos de todas las criaturas vivientes, incluyendo al ser humano. La mayor parte de las bacterias no causan enfermedades; no son patógenas. Muchas de ellas llevan a cabo funciones muy útiles y necesarias para la vida de organismos más grandes.

La clasificación de las bacterias y otros microorganismos es complicada, por cuanto existe incontable variedad de microorganismos diferentes en cuanto a sus propiedades metabólicas y estructurales. Algunos microorganismos se parecen a las plantas, mientras que otros son parecidos a los animales y hay todavía otros totalmente diferentes al resto de todas las demás formas de vida.

Teniendo en cuenta sus actividades podemos clasificar a las bacterias en *aerobias*, *anaerobias* y *facultativas*. La aerobia necesita oxígeno para vivir. El oxígeno es tóxico para una anaerobia, y las facultativas pueden vivir con y sin oxígeno.

Para los profesionales del abastecimiento de agua constituye un desafío constante la tarea de proporcionar agua potable en buen estado, libre de bacterias causantes de enfermedades y si no eliminarlas por completo, por lo menos controlarlas.

Los *coliformes fecales* son bacterias que viven en el tracto intestinal de animales de sangre caliente. Son excretadas en los residuos sólidos de los seres humanos y otros mamíferos. Las bacterias coliformes fecales no suponen peligro para el hombre ni para los animales, generalmente. Donde están presentes, sin embargo, están también presentes las bacterias causantes de enfermedades. A diferencia de los coniformes fecales, las bacterias causantes de enfermedades no sobreviven

² *Eutrofización: enriquecimiento por nutrientes de un cuerpo de agua, con un impacto negativo en la vida acuática.*

mucho tiempo fuera del cuerpo de los animales de manera que puedan ser detectadas en el agua.

Los profesionales del agua potable y salud pública consideran los coliformes fecales como **indicadores de la presencia en el agua, de bacterias causantes de enfermedades**. Las bacterias asociadas a las coliformes fecales pueden causar enfermedades importantes en el hombre como diarrea, disentería, cólera y fiebre tifoidea. Algunas de estas bacterias también pueden infectar heridas abiertas.

Agentes bacterianos cuya presencia en el agua ingerida causa enfermedades intestinales:

Microorganismo	Enfermedad
<i>Salmonella Typha</i>	Fiebre tifoidea
<i>Salmonella paratyphi</i>	Fiebre paratifoidea
<i>Salmonella</i>	Salmonelosis, fiebre entérica
<i>Shigella sp.</i>	Disentería Bacilar
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>Leptospira</i>	Leptospirosis
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Gastroenteritis
<i>Francisella tularensis</i>	Tularemia
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenteritis
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Infecciones varias
<i>Edwardsiella, Proteus, Serratia</i>	Gastroenteritis

VIRUS

Los virus son partículas parásitas, los agentes vivos infecciosos más pequeños que se conocen. Puesto que son entidades parásitas no celulares (no tienen núcleo, membrana celular ni pared celular) no pueden multiplicarse ni adaptarse a ambientes acuáticos hostiles y necesitan un hospedador vivo. Se multiplican solamente dentro de células vivas (hospedadores) y son totalmente inertes fuera de ellas, aunque pueden sobrevivir en el ambiente.

Los virus se diferencian de las células vivas al menos en tres características (1) no se pueden reproducir de forma independiente ni llevan a cabo división celular, (2) sólo poseen un tipo de ácido nucleico, ADN o ARN; y (3) poseen una organización acelular simple.

Los virus afectan a los hombres (una sola partícula de virus puede infectar un hospedador) por medio de un agua de bebida recientemente contaminada. En la actualidad se conocen más de 100 tipos de virus en las heces fecales humanas. Una persona infectada puede excretar hasta un millón de partículas infecciosas en 1 gramo de heces. Por eso la contaminación potencial es muy grande.

La posibilidad de aislar virus ha aumentado considerablemente durante los últimos 40 años. Pueden controlarse mediante la cloración, aunque a dosis mucho más altas que las necesarias para matar bacterias. Los virus que estudian los especialistas del agua, son básicamente los virus entéricos (infecciones del tracto intestinal).

Los virus excretados por las heces o la orina de cualquier especie animal, son susceptibles de contaminar el agua. Estos virus se transmiten sobre todo entre personas por vía fecal-oral. Sin embargo, también pueden encontrarse en las aguas

residuales domésticas que, tras varios tipos de tratamiento son vertidas a aguas superficiales que luego pueden ser utilizadas como fuentes de agua potable. Entre los virus que se saben son excretados con las heces se encuentran: los poliovirus, coxsackievirus, echovirus y otros enterovirus, adenovirus, reovirus, rotavirus, el virus A de la hepatitis infecciosa y los agentes tipo Norwalk.

Se ha demostrado que una enfermedad viral se ha transmitido a través del agua en varias epidemias. En 1955-56 hubo un gran brote de hepatitis infecciosa transmitida por agua en Nueva Delhi, India; como resultado de la contaminación del sistema de abastecimiento de aguas negras en la ciudad. Es sorprendente que no se presentó un aumento en las infecciones bacterianas entéricas durante el mismo período. Esto sugiere que la dosis de cloro y el tiempo de contacto suministrados en la planta de tratamiento de aguas fueron suficientes para destruir las bacterias, mas no los virus. Los virus son lo suficientemente pequeños para atravesar casi todos los filtros de arena y se ha demostrado que resisten la cloración. Muchos virus sobreviven fuera de un huésped durante periodos prolongados.

PROTOZOOS

Los *protozoos* («etimológicamente los primeros animales») forman un grupo verdaderamente asombroso (más de 50.000 especies conocidas) de organismos eucariotas (con membrana nuclear bien definida) que han adaptado su célula para que les sirva como un cuerpo entero. De hecho todos los protozoos son organismos unicelulares. Normalmente carecen de pared celular y tienen una membrana plasmática que les sirve para tomar alimento y desechar los residuos. Pueden existir tanto como organismos solitarios (caso de *Vorticella* sp.) o vivir en colonias (como el sedentario *Carchesium* sp.). Los protozoos son microscópicos y toman su nombre porque como los animales superiores, se valen del mismo procedimiento para alimentarse. La mayor parte de ellos son inofensivos habiendo algunos parásitos.

Ciertos tipos de protozoos son causa de enfermedad. Son de particular interés *Entamoeba histolytica* (disenterías y hepatitis amébicas), *Giardia lamblia* (giardiasis), *Cryptosporidium* (criptosporidiosis), y la emergente *Cyclospora* (ciclosporiasis).

HELMINTOS

Junto con los habitantes de los barros orgánicos, los gusanos también habitan los limos biológicos y provienen de los desechos y el suelo húmedo. Los nematodos (gusanos intestinales), algunos estrictamente anaerobios, se multiplican en las plantas depuradoras y han sido encontrados en el fango activado y especialmente en los filtros de escurrimiento. También aparecen en grandes cantidades en el residuo doméstico tratado. Su tamaño es microscópico de 0,5 a 3 mm de longitud y 0,01 a 0,05 mm de diámetro. La mayor parte de las especies tienen una apariencia similar. Tienen el cuerpo cubierto por cutícula, son cilíndricos, no segmentados y sus extremos son afilados.

Los nematodos comen bacterias y al entrar en el sistema de distribución de agua pueden proteger a los organismos patógenos de la desinfección a que se somete el equipo de suministro, y alcanzar así al consumidor.

Las larvas de nematodos, activas y móviles, pueden penetrar en los filtros de arena y sobrevivir a la cloración, pero no es normal que causen infecciones parasitarias.

Los nematodos en condiciones de libertad tienen un ciclo de vida que consiste en un huevo, cuatro estados larvarios y un estado adulto. Los huevos son reconocibles fácilmente en el agua tratada, mientras que el agua en origen puede tener excesivas formas de microfauna como para permitir su identificación.

2 – Energía térmica

Introducción

Históricamente, el Sol ha sido una de las principales fuentes de energía utilizada por los hombres para producir calor, sea de una manera directa, indirecta, natural o artificial (energía solar térmica).

El fuego es la primera forma en la que el ser humano produjo calor artificialmente para su confort. A partir de entonces, la combustión se convirtió en una tecnología energética fundamental en el desarrollo de la humanidad.

Desde el fuego “natural” en los hogares, tanto en el pasado como en la actualidad, hasta el proceso de la combustión actual en dispositivos tecnológicos altamente sofisticados, se ha evolucionado muy positivamente mejorando el rendimiento y, sobre todo, disminuyendo la contaminación que siempre la acompaña.

La energía que produce el sol en forma de radiación electromagnética, que nos da luz y calor, es la fuente primaria no sólo de la energía térmica sino de todas las diferentes tipos de energía que conocemos.

La acción directa de los rayos del Sol sobre la atmósfera crea diferencias de temperaturas que originan los vientos, las olas y la lluvia, dando lugar al aprovechamiento de la energía eólica (cuando proviene del viento), hidráulica (cuando proviene del agua), solar térmica (cuando se aprovecha el calor de los rayos que provienen del Sol), y solar fotovoltaica (cuando se transforma la luz solar en electricidad).

Al mismo tiempo, la radiación solar permite que las plantas crezcan y sirvan de alimentos a los animales herbívoros, y éstos, a los animales carnívoros. Toda la materia orgánica de estos seres vivos se acumula y, después de millones de años, llega a originar los yacimientos de petróleo, gas natural y carbón. Estos yacimientos son, en el fondo, energía solar acumulada.

Fundamentos de la energía térmica

La Energía térmica se debe al movimiento de las partículas que constituyen la materia. Un cuerpo a baja temperatura tendrá menos energía térmica que otro que esté a mayor temperatura.

La energía térmica se relaciona íntimamente con el calor, o mejor dicho con los fenómenos caloríficos, para comprender un poco mejor esta idea, decimos que este tipo de energía se produce cuando dos cuerpos, que tienen diferentes temperaturas, se ponen en contacto. El cuerpo caliente es el que comunica la energía al cuerpo frío, la diferencia entre ambas temperaturas es lo que se denomina energía térmica.

No es tarea fácil definir de manera precisa a la energía térmica debido a que ésta posee más de un enfoque. De acuerdo con la teoría cinético-molecular, ésta es la energía resultante de sumar las energías mecánicas de los movimientos de las diferentes partículas que lo constituyen.

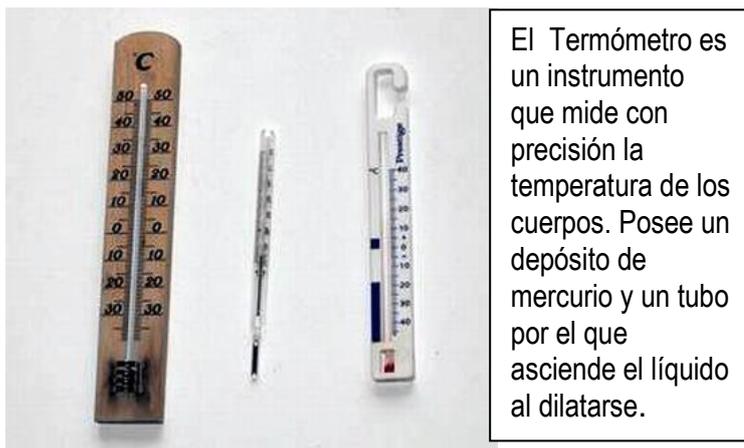
La energía térmica no puede medirse en términos absolutos, pero sí podemos determinar cuánto varía y esto se hace tomando como referencia al calor, es decir que la cantidad de energía térmica que gana o pierde un cuerpo que se encuentra en contacto con otro el cual posee una temperatura diferente recibe la denominación de calor, y justamente son las variaciones de calor lo que implican una variación de energía térmica.

“**Calor** es la transferencia de energía de un cuerpo (multiparticulado) a otro determinada exclusivamente por una diferencia de temperatura entre ellos”

De acuerdo con esta definición, fundamentada en la primera ley de termodinámica (el calor no se crea ni se destruye, pero si puede ser transferido de un cuerpo a otro), el calor no es una forma de energía sino que, al igual que el trabajo modifica la energía de un sistema mediante una transferencia de la misma. En otros términos el calor es un mecanismo para la transferencia de energía térmica.

La temperatura es la medida del calor. Desde un punto de vista microscópico, la temperatura de un cuerpo está relacionada con el movimiento o agitación de las partículas que lo constituyen: a medida que aumenta este movimiento, más energía interna tiene dentro de sí el cuerpo y mayor es su temperatura.

Los cuerpos están fríos cuando su temperatura es baja, y calientes cuando su temperatura es alta. Esta temperatura se mide de forma precisa mediante un aparato llamado termómetro.



La **temperatura** es una magnitud que expresa el nivel de agitación de las partículas que constituyen un cuerpo.

Equilibrio térmico

Un cuerpo caliente cede parte de su energía interna a un cuerpo frío para que los dos tengan, al final, la misma temperatura. Pero **los cuerpos no tienen calor**, sino energía interna que pueden ceder o recibir en forma de calor cuando los ponemos en contacto con otros cuerpos a distinta temperatura.

Cuando ponemos en contacto cuerpos a distinta temperatura, pasa energía del más caliente al más frío hasta que se alcanza el **equilibrio térmico** y se igualan sus temperaturas. Esta forma de transmitirse la energía se llama **calor**.

Efectos del calor sobre los cuerpos

Al calentar un cuerpo aumentan su temperatura y su energía interna, ya que la agitación y el movimiento de las partículas que lo forman es cada vez mayor.

Al tiempo que aumenta la agitación interna de las partículas, estas se van separando unas de otras, y provocan la **dilatación** del cuerpo.

Por el contrario, al enfriar el cuerpo las partículas de aire ralentizan su movimiento y se acercan unas a otras, causando la **contracción** del cuerpo.

En los gases la dilatación es muy grande. Aunque menos, también los líquidos se dilatan. En los sólidos el efecto de la dilatación es todavía menor, pero apreciable

La dilatación de los sólidos también afecta a las grandes estructuras como carreteras, vías, puentes, edificios, tuberías. Por esto, y para evitar daños en ellas, suelen colocarse **juntas de dilatación**.

Por lo general, los cuerpos se dilatan al calentarse y se contraen al enfriarse. Los **gases** se dilatan mucho, los **líquidos** menos, y los **sólidos** muy poco. No obstante, en los sólidos grandes las dilataciones son muy importantes

La materia existe en cuatro estados, 3 fundamentales: *Sólido*, *líquido*, *gaseoso*, y un cuarto estado llamado *plasmático*.

En toda molécula existen 2 tipos de fuerzas intermoleculares.

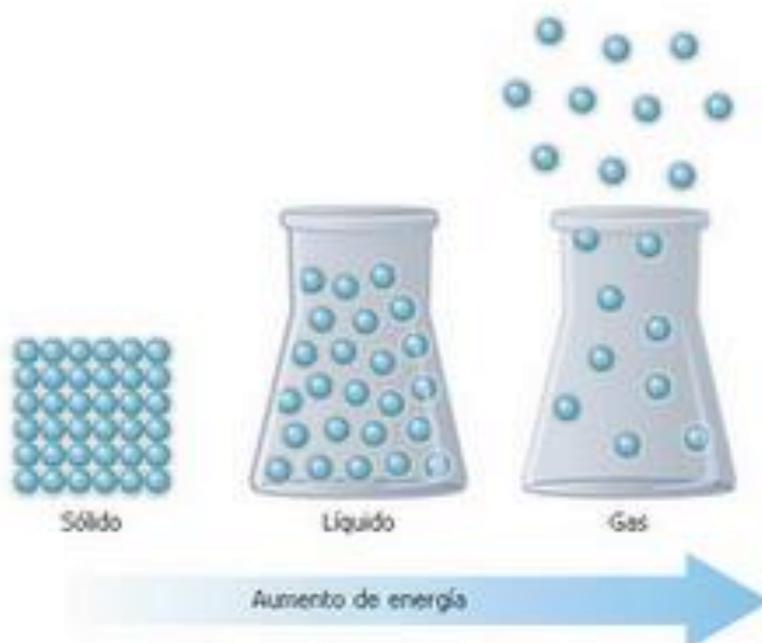
Fuerza de atracción (Fa): Que nos permite la cohesión y el ordenamiento de las moléculas.

Fuerza de repulsión (Fr): Que permite la separación de las moléculas.

a) *Estado sólido*: Se caracteriza por tener forma y volumen definido, debido a que la fuerza de atracción intermolecular es mayor que la fuerza de repulsión. Las partículas de los sólidos ocupan posiciones ordenadas y vibran muy poco.

b) *Estado líquido*: Se caracteriza por tener volumen definido y forma variable según el recipiente que lo contenga, debido al equilibrio existente entre la fuerza de atracción y la de repulsión. Las partículas de los líquidos fluyen y chocan entre ellas moviéndose con más energía.

c) *Estado gaseoso*: Estos carecen de forma y volumen definido, ya que la fuerza de repulsión intermolecular es mayor que la fuerza de atracción. Las partículas de los gases van muy rápido y en línea recta sin chocar apenas entre ellas porque están muy separadas.



d) *Estado Plasmático*: Es el cuarto estado de la materia, es energético y se considera al plasma, como un gas cargado eléctricamente (ionizado); conformado por moléculas, átomos, electrones y núcleos; estos últimos provenientes de átomos desintegrados. Se encuentra a elevadísimas temperaturas de 20000° C. Ejemplo, el núcleo del sol, de las estrellas, energía atómica. En la superficie terrestre a una distancia de 200 Km, se encuentra el plasma de hidrógeno conformando el cinturón de Van Allen.

Estados de la materia

Líquido

El líquido toma la forma del vaso que lo contiene. Así, si el agua del vaso se derrama sobre una superficie, la forma del líquido cambia, pero su volumen permanece constante.



Sólido

Un sólido, por ejemplo la roca, posee una forma determinada, que no varía fácilmente. Esto, porque las partículas del sólido están unidas fuertemente entre sí para formar una estructura firme.



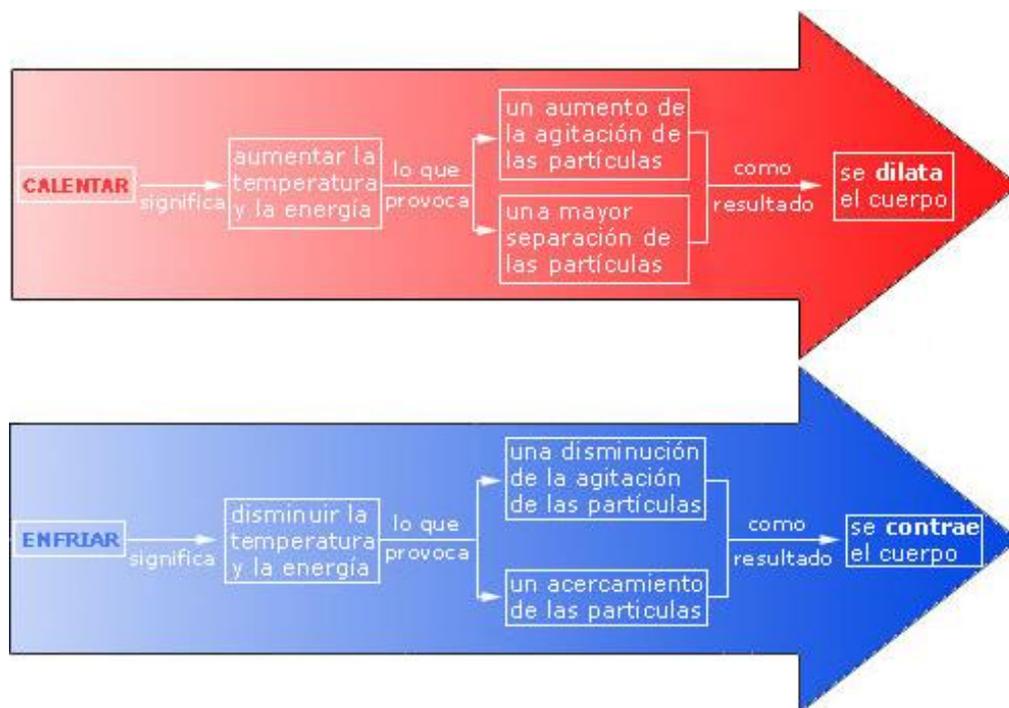
Gas

Un gas llena el espacio que lo encierra y no posee forma ni volumen propios; adopta la forma de su recipiente, como el helio contenido en el globo de la imagen.



Los estados físicos de la materia y sus cambios

Podemos cambiar el estado físico de los objetos calentándolos o enfriándolos:



Calentando o enfriando un cuerpo podemos hacer que este cambie de estado. Mientras dura el cambio de estado **la temperatura del cuerpo no varía**.

Cambios de estado de la materia:

La materia cambia de un estado a otro por efecto de la *temperatura* y *presión*, ya sea aumentando o disminuyendo la energía térmica. En la naturaleza es frecuente observar que la materia cambia de un estado a otro. Tal vez el ejemplo más conocido sea el caso del agua, que se puede encontrar en forma sólida, líquida y gaseosa.

Se reconocen 2 tipos de cambios de estado: *Progresivos* y *regresivos*.

a) Cambios de estado progresivos: Los cambios de estado progresivos se producen **cuando se aplica calor a los cuerpos** y son: *sublimación progresiva*, *fusión* y *evaporación*.

Sublimación progresiva: Este cambio se produce cuando un cuerpo pasa del estado sólido al gaseoso directamente. Ejemplo: sublimación del yodo, sublimación de la naftalina.

Fusión: Es el paso de una sustancia, del estado sólido al líquido por la acción del calor. La temperatura a la que se produce la fusión es característica de cada sustancia. Por ejemplo, la temperatura a la que ocurre la fusión del hielo es 0°C . La temperatura constante a la que ocurre la fusión se denomina Punto de Fusión. A esta temperatura existe un equilibrio entre el estado cristalino de alta ordenación y el estado líquido más desordenado.

Evaporación: Es el paso de una sustancia desde el estado líquido al gaseoso. Este cambio de estado ocurre normalmente a la temperatura ambiente, y sin necesidad de aplicar calor. Bajo esas condiciones, sólo las partículas de la superficie del líquido pasarán al estado gaseoso, mientras que aquellas que están más abajo seguirán en el estado inicial.

Sin embargo, si se aplica mayor calor, tanto las partículas de la superficie como las del interior del líquido podrán pasar al estado gaseoso. El cambio de estado así producido se llama **Ebullición**. La temperatura que cada sustancia necesita para alcanzar la ebullición es característica de cada sustancia y se denomina *Punto de Ebullición*. Por ejemplo, el punto de ebullición del agua a nivel del mar es 100° C (100 grados centígrados)

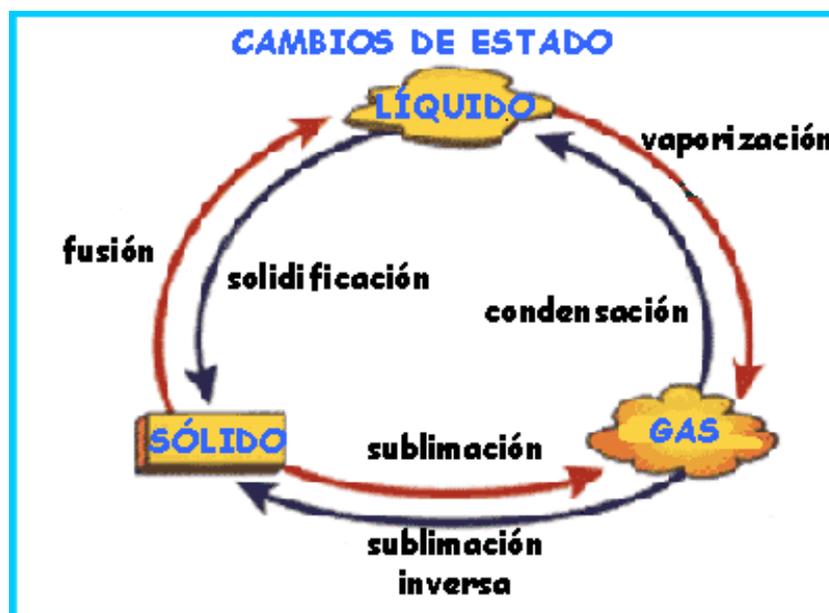
Observaciones: La temperatura a la que ocurre la fusión o la ebullición de una sustancia es un valor constante, es independiente de la cantidad de sustancia y no varía aún cuando ésta continúe calentándose.

b) Cambios de estado regresivos: Los cambios de estado regresivos son aquellos que se producen **cuando los cuerpos se enfrían**. Se reconocen 3 tipos: *Sublimación regresiva o inversa, solidificación y condensación*.

Sublimación regresiva: Es el cambio de estado que ocurre cuando una sustancia gaseosa se vuelve sólida, sin pasar por el estado líquido.

Solidificación: Es el paso de una sustancia desde el estado líquido al sólido. Este proceso ocurre a una temperatura característica para cada sustancia denominada punto de solidificación y que coincide con su punto de fusión.

Condensación: Es el cambio de estado que se produce en una sustancia al pasar del estado gaseoso al estado líquido. La temperatura a la que ocurre esta transformación se llama punto de condensación y corresponde al punto de ebullición.



Transferencia del calor

Cuando nos preguntamos acerca de la propagación del calor, en realidad lo que queremos saber es cómo se propaga la energía desde los cuerpos calientes a los fríos. Decir "propagación del calor" es una forma de hablar: lo que en realidad se propaga es la energía, que es lo que poseen los cuerpos.

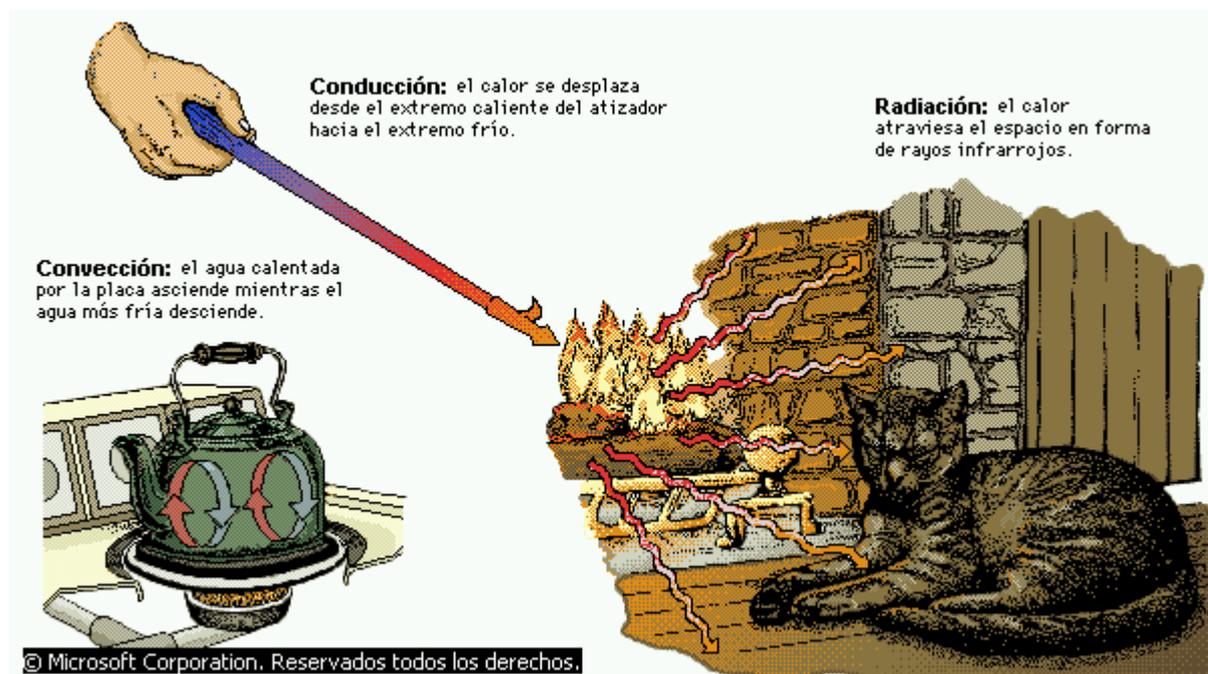
Existen tres maneras en las que la energía térmica se propaga de unos cuerpos a otros: **conducción, convección y radiación**.

- **Conducción**, por contacto y sin movimiento de materia.
- **Convección**, con movimiento de materia.
- **Radiación**, sin necesidad de materia.

La conducción es el paso de energía entre dos cuerpos en contacto que están a diferente temperatura, sin que exista transporte de materia. Los cuerpos que conducen la energía con rapidez se llaman “buenos conductores del calor” (por ejemplo los metales) y los que la transmiten con lentitud se denominan “malos conductores del calor” (por ejemplo la madera, el corcho, entre otros).

La convección es una forma de propagación de la energía que se produce en los líquidos y en los gases. Es lo que suele ocurrir cuando calentamos un líquido: las zonas calientes son más ligeras que las frías (debido a que se han dilatado y tienen menor densidad), así la materia más caliente asciende mientras que la más fría desciende formando **corrientes de convección**.

La radiación es la propagación de la energía a través del espacio vacío, sin requerir presencia de materia. Es la transferencia de calor por medio de ondas electromagnéticas. No se requiere de un medio para su propagación. La energía irradiada se mueve a la velocidad de la luz. El calor irradiado por el Sol se puede intercambiar entre la superficie solar y la superficie de la Tierra sin calentar el espacio de transición. Así es como el Sol que está mucho más caliente que los planetas y el espacio de alrededor nos transmite su energía y nos calienta.



Aplicaciones de la energía térmica

La energía térmica posee un sinnúmero de aplicaciones pero se emplea principalmente para abastecer a los sistemas de calefacción y para proveer agua caliente a los sistemas sanitarios.

Hay sistemas de calefacción que actúan por radiación y otros emitiendo aire caliente, por medio de materiales que se mantienen a una temperatura alta (como los radiadores o lasas radiantes). Por otra parte hay sistemas que distribuyen el calor a través del aire, los cuales en casos de un mal aislamiento en paredes y ventanas, pueden no resultar muy efectivos. Los más frecuentes son los sistemas de caldera con radiadores de agua, y los de caldera con losa o suelo radiante.

La energía térmica producida al quemar combustibles fósiles, es insustituible actualmente para mover vehículos y es la energía por excelencia desde que se inventó la máquina de vapor hace casi dos siglos.

Centrales Termoeléctricas

La energía térmica también es utilizada para la generación de energía eléctrica.

Una central termoeléctrica o central térmica es una instalación empleada para la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica. Cuando el calor se obtiene mediante la fisión controlada de núcleos de uranio la central se llama central nuclear o termonuclear.

Centrales térmicas convencionales

Se llaman centrales clásicas o de ciclo convencional a aquellas centrales térmicas que emplean la combustión del carbón, petróleo (aceite) o gas natural para generar la energía eléctrica. Son consideradas las centrales más económicas y rentables, por lo que su utilización está muy extendida en el mundo económicamente avanzado y en el mundo en vías de desarrollo, a pesar de que estén siendo criticadas debido a su elevado impacto medioambiental.

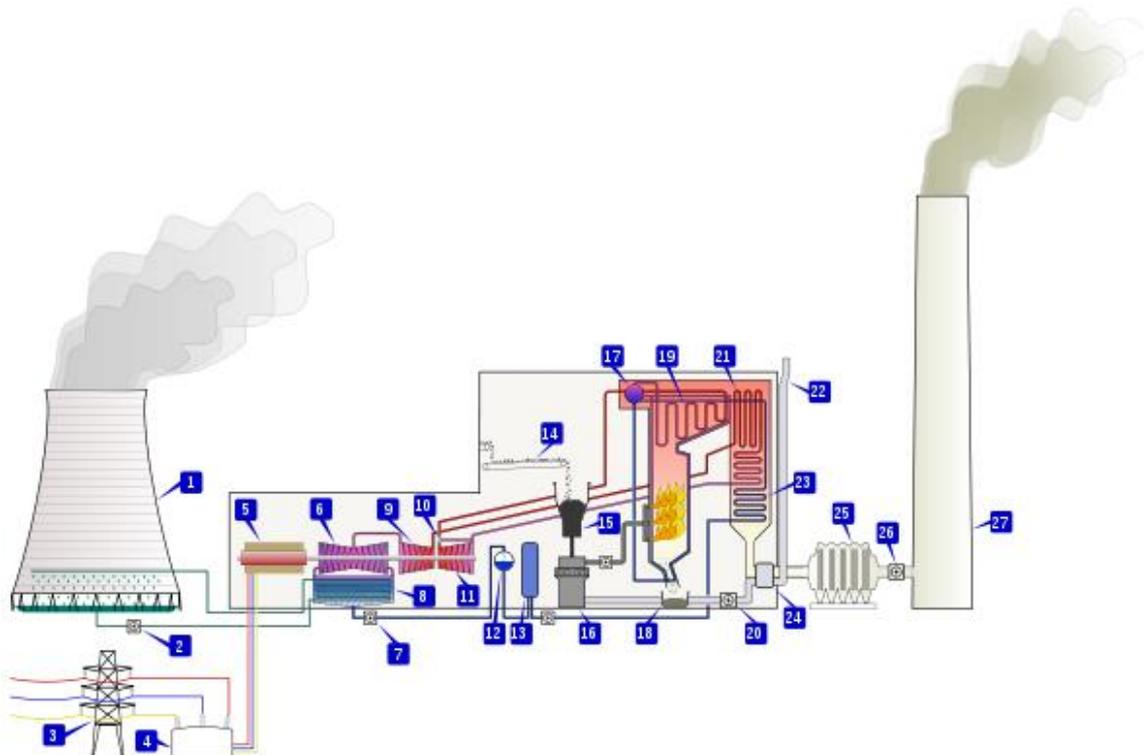
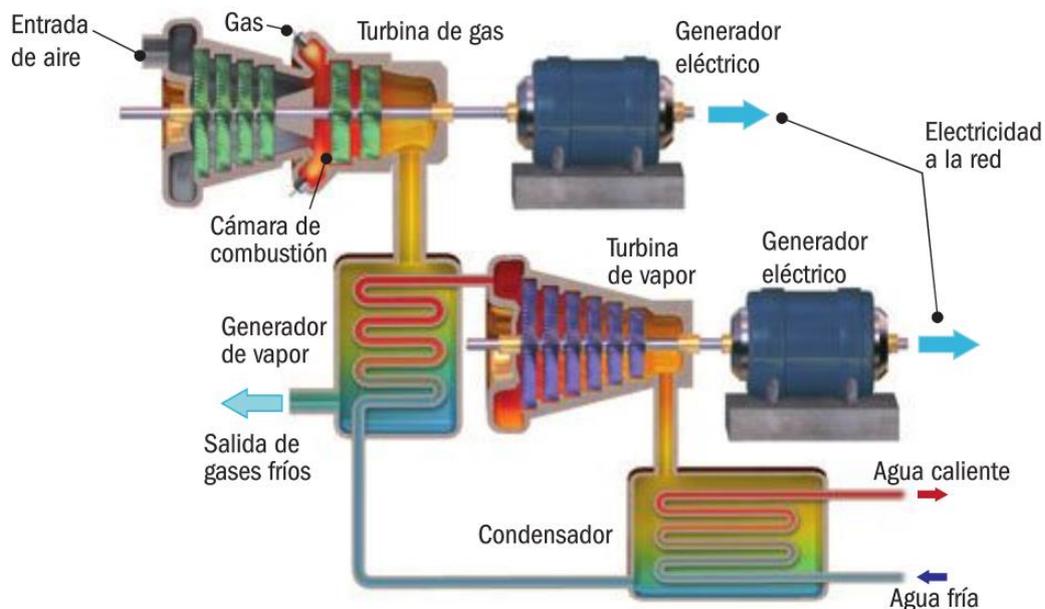


Diagrama de una central térmica de carbón de ciclo convencional

- | | | |
|---|--|---|
| 1. Torre de refrigeración | 10. Válvula de control de gases | 19. Supercalentador |
| 2. Bomba hidráulica | 11. Turbina de vapor de alta presión | 20. Ventilador de tiro forzado |
| 3. Línea de transmisión (trifásica) | 12. Desgasificador | 21. Recalentador |
| 4. Transformador (trifásico) | 13. Calentador | 22. Toma de aire de combustión |
| 5. Generador eléctrico (trifásico) | 14. Cinta transportadora de carbón | 23. Economizador |
| 6. Turbina de vapor de baja presión | 15. Tolva de carbón | 24. Precalentador de aire |
| 7. Bomba de condensación | 16. Pulverizador de carbón | 25. Precipitador electrostático |
| 8. Condensador de superficie | 17. Tambor de vapor | 26. Ventilador de tiro inducido |
| 9. Turbina de media presión | 18. Tolva de cenizas | 27. Chimenea de emisiones |

En la actualidad se están construyendo numerosas centrales termoeléctricas de las denominadas de **ciclo combinado**, que son un tipo de central que utiliza gas natural, gasóleo o incluso carbón preparado como combustible para alimentar una turbina de gas. Luego los gases de escape de la turbina de gas todavía tienen una elevada temperatura, se utilizan para producir vapor que mueve una segunda turbina, esta vez de vapor. Cada una de estas turbinas está acoplada a su correspondiente alternador para generar energía eléctrica

Esquema de una central térmica de ciclo combinado



LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Las instalaciones solares térmicas consisten en un sistema de captación de la radiación que proviene del Sol (el captador solar), un sistema de almacenamiento de la energía térmica obtenida (el depósito acumulador) y un sistema de distribución del calor y del consumo.

De acuerdo a la temperatura de aprovechamiento se puede clasificar el aprovechamiento en de alta, media y baja, siendo sus límites:

- * Hasta 100° C: de baja temperatura;
- * Desde 100° C y hasta 300° C: de mediana temperatura;
- * Mayores a 300° C: de alta temperatura.

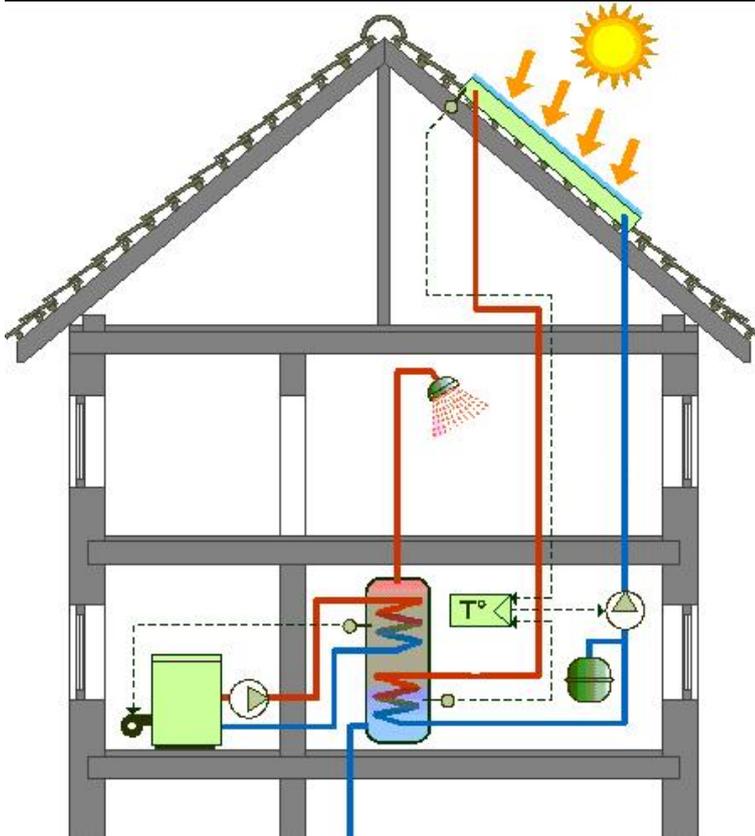
Las aplicaciones más extendidas y conocidas son las de baja temperatura, es decir, las que proporcionan calor a temperatura inferior a 100°C.

Los sistemas solares térmicos de **alta temperatura** hacen referencia a grandes instalaciones donde el principal elemento es una torre paraboloide, o un campo de helióstatos que concentran la radiación solar en una torre central, que puede alcanzar temperaturas superiores a los 4000° C; normalmente se tratan de sistemas con una caldera central de la que se obtiene vapor a alta temperatura para usos térmicos o producción de electricidad.

En cuanto a las aplicaciones de **mediana temperatura**, normalmente se utilizan colectores parabólicos, los que concentran la radiación solar en un tubo colector encargado de recibir y transmitir el calor, alcanzando valores de temperatura de hasta 300° C.

La energía solar térmica de acuerdo a su uso final, se puede clasificar en función de la temperatura del aprovechamiento, esto dependerá en distintos usos finales ya sea como calefacción, secado, destilación de agua, cocción de alimentos. Su empleo abarca todos los sectores tanto doméstico como industrial.

Las aplicaciones a baja temperatura se emplean principalmente para la obtención de agua caliente para uso sanitario o para calefacción de recintos. Estas aplicaciones se pueden clasificar en función del fluido que calientan los captadores (agua o aire), o bien en función del tipo de captador empleado. Estos generalmente suelen emplear agua y se suelen clasificar en captadores planos vitrificados (con y sin cubierta) y los captadores de techo.



3 - Clasificación de los yacimientos minerales

Introducción

Desde sus primeros tiempos, el hombre ha tenido un instinto geológico. Ha observado la naturaleza y la conformación de los elementos que lo rodeaba. Ya desde el Paleolítico percibió que existían minerales más duros que otros, como el cuarzo, la calcedonia, y descubrió sus primeras herramientas de corte. En el Neolítico el hombre descubre la alfarería. La invención de la cerámica se produjo cuando se hicieron necesarios recipientes para almacenar el excedente de las cosechas producido por la práctica de la agricultura.

También aprendió a construir sus casas con las rocas adecuadas y abandonó las cavernas por sus propias viviendas, modificando así su estilo de vida. Conoció el uso de la arcilla para hacer ladrillos y también con el descubrimiento del fuego se dio cuenta que algunas arcillas tratadas con agua tenían cierta plasticidad, lo que le permitió moldearlas y luego cocerlas para hacer sus propios recipientes para alimentación, decoración o arte funerario.

Durante el Neolítico se desarrolló la primera “mina” de sílex³ en lo que actualmente es Bélgica. Más de 10.000 pozos de excavaron allí, en un área de alrededor de 100 hectáreas. Hoy ese lugar es uno de los sitios declarados patrimonio de la humanidad por la Unesco.

El hombre desde siempre buscó los recursos de origen geológico para aprovecharlos con diversos fines.

Los materiales naturales de origen geológico nos rodean hoy como lo hacían en la Edad de piedra. Los hemos transformado, pero no hemos podido prescindir de ellos. Partiendo de los materiales naturales y de sus derivados, el hombre pudo construir además, vehículos que le permitieron desplazarse cada vez más cómodamente, cada vez más lejos, cada vez más rápido. Hoy en día los satélites recorren el sistema solar y van aún más allá de sus confines y, en forma quizás arquetípica, el hombre ha puesto en órbita un edificio que le sirve de laboratorio, y en cuya construcción se han utilizado toneladas de minerales, pero cuyo aspecto dista mucho del de cualquiera de los edificios “terrestres”: la estación espacial.

La sociedad es mineral-dependiente

Casi todas las cosas que tenemos y usamos se hacen con materias primas minerales. Pero ¿nos damos cuenta de eso? No, comúnmente no nos damos cuenta, tal vez por falta de curiosidad por saber el origen de cada una de las cosas con las que convivimos o quizá por esa falta de cultura minera mencionada en la introducción. Si observamos nuestra propia casa, podemos comprobar que casi todo está hecho con minerales. En efecto, ladrillos, tejas, cerámicas, baldosas, hormigones, revoques, vidrios, plásticos, hierros, chapas, alambres, bronce, caños, cables, herrajes, pinturas, sanitarios, herramientas, vajilla y utensilios están hechos con materias primas de origen mineral. Si salimos de la casa para ir a cualquier parte, usamos un vehículo que está construido en su totalidad con insumos tomados del reino mineral. También son de origen mineral el combustible que lo hace funcionar, el pavimento sobre el que se desplaza y hasta los semáforos que lo detienen en la esquina.

³ **Sílex:** El sílex (SiO₂), también llamado **pedernal**, es un mineral perteneciente a las anhídras amorfas dentro del grupo de la sílice (como el cuarzo o la calcedonia). Es una piedra muy dura formada principalmente por sílice, de color gris amarillento y que al romperse forma unos bordes que son muy cortantes. Los hombres de las cavernas usaban sílex para cortar la carne y las pieles de los animales. También fue usado para encender fuego por su capacidad de crear chispas al chocarse con otra pieza de igual o mayor dureza.

Sin materias primas minerales no existirían las grandes obras civiles, los ferrocarriles, los barcos, los aviones y otros sistemas de transporte. No habría máquinas ni instalaciones industriales. No tendríamos cocinas, lavarropas, heladeras, televisores, máquinas de coser, calefones, acondicionadores, estufas, planchas, enchufes ni lámparas. No existirían las computadoras ni los sistemas de comunicación. Tampoco se podría producir y transportar energía, y no habría herramientas o máquinas para sembrar, cosechar, elaborar, procesar, conservar y transportar alimentos o producir vestimentas. En definitiva, el desarrollo de la sociedad está sustentado sobre la base de la producción e industrialización de minerales. Por eso decimos que la sociedad es *mineral-dependiente*.



Yacimientos minerales

El punto de partida o la fuente de donde se extraen las materias primas e insumos minerales, son los **yacimientos o depósitos minerales**.

La **geología económica** es la parte de la Geología que estudia los **yacimientos minerales**, combinando su investigación científica con la determinación de sus aptitudes y condiciones para ser aprovechados por el hombre. Su campo de acción incluye a los depósitos de minerales metalíferos e industriales, rocas de aplicación, minerales energéticos y aguas subterráneas.

La extracción de minerales y rocas, y su eventual elaboración primaria para su aprovechamiento, es la actividad económica que se llama **minería**. Lógicamente, el producto de la explotación tiene que ser “vendible”. Esta última palabra es básica desde el punto de vista comercial, porque para producir una sustancia mineral es necesario que exista alguien dispuesto a comprarla. En otras palabras, la **oferta** de un determinado producto tiene que responder a una **demand**a del mercado.

Definición

*Un **yacimiento mineral** se define como una concentración muchas veces anormal de una determinada sustancia mineral, o grupo de minerales, susceptible de ser aprovechada con beneficio.*

Se habla de una **concentración, muchas veces anormal**, porque la sustancia en cuestión puede encontrarse en muchos lugares como componente común de las rocas pero, para que sea considerada como un **yacimiento**, debe reunir ciertas características de calidad, forma y cantidad que superan lo común.

Por ejemplo, casi todas las rocas superficiales contienen aluminio (en promedio 8%). Sin embargo, en pocos lugares hay yacimientos de aluminio porque para ser explotable tienen que presentarse en forma de óxidos, contener más del 30% de metal, en una cantidad suficiente para justificar una inversión y tener una forma que permita su explotación económica.

Otro ejemplo: la materia prima fundamental para fabricar vidrio es la arena. Arena hay en todas partes, pero para que sirva en esta industria tiene que tener más de un 97 % de cuarzo (SiO_2), y esto es poco común.

Todos los yacimientos se encuentran en el subsuelo, pero algunos son visibles, aunque sea en parte, y otros están totalmente ocultos. Puede decirse que la mayoría

de las rocas ornamentales (granitos, mármoles) y los materiales de construcción se explotan de yacimientos superficiales (canteras). Otros minerales suelen explotarse hasta cierta profundidad. Las minas de oro de Sudáfrica son las más profundas y han superado los 3.000 metros. En Argentina, la mina Aguilar se ha desarrollado hasta unos 1.000 metros. Las perforaciones más profundas con fines de extracción de petróleo no exceden los diez mil metros de profundidad.

Una verdad geológica fundamental a tener en cuenta es que no existen dos yacimientos iguales. De hecho, hay ciertas características que se repiten, como así también elementos que son comunes, que permiten la clasificación de los yacimientos en grupos, tipos o modelos. Pero aún así, cada yacimiento del mismo grupo es diferente a los demás. Por ejemplo, Bajo de la Alumbrera, Pachón y Agua Rica son tres yacimientos clasificados como pórfidos cupríferos. Sin embargo, sus características en cuanto a forma, volumen, contenido metálico, comportamiento físico y químico, es totalmente diferente.

El trabajo en los yacimientos requiere obras, construcciones, instalaciones, maquinaria, transportes y, por supuesto, mano de obra, agua y energía.

El término *mena* se utiliza para definir la sustancia mineral que se puede extraer con beneficio económico. Sus componentes útiles se llaman *minerales de mena* y los que acompaña sin valor económico, *ganga*. La mena se aloja en muchos casos en fracturas de la roca. Esa roca que acompaña a la mena se llama *caja o roca de caja*.

Reservas

Las **reservas** de un yacimiento están constituidas por la cantidad de mineral apto para su explotación económica, determinadas en base a las reglas del arte de la exploración minera. Dicho de otra manera, es la cantidad de mineral que se calcula que se puede extraer y vender con beneficio. Cuando no hay seguridad sobre su venta con beneficio, en lugar de la palabra reserva se prefiere usar el término **recurso**.

Las reservas de una mina y la calidad o aptitud de sus materiales son datos básicos para la formulación de cualquier proyecto minero. En este punto conviene resaltar algo fundamental: se considera que el yacimiento es el punto de partida de la explotación minera porque si no hay yacimiento no hay minería. Sin embargo hay que tener siempre presente que, antes que nada, tiene que haber una **demand del mercado**. Si no existe un mercado comprador de una determinada sustancia, no tiene ningún sentido iniciar la explotación de un yacimiento de esa sustancia.

Génesis de los yacimientos

Definir la génesis o el modo de formación de un yacimiento es uno de los puntos fundamentales que debe resolver la geología económica. Cada yacimiento es el resultado de un proceso geológico que se puede reconocer, estudiar e interpretar para encuadrarlo en una clasificación de tipos o modelos genéticos de depósitos minerales.

Cada tipo genético tiene determinadas características en cuanto a la mineralización y su distribución. El conocimiento de estas características sirve para planificar y ejecutar los trabajos de exploración con el menor costo posible.

Anteriormente se dijo que un yacimiento es una concentración de una determinada sustancia mineral, susceptible de ser aprovechada con beneficio. De hecho, esa sustancia no es más que una roca de composición especial. Por eso, su origen está directamente vinculado a los procesos formadores de rocas pero con variantes o particularidades, también especiales, que se explican a continuación, agrupándolos en una simplificada clasificación de acuerdo a su génesis.

Yacimientos asociados a la dinámica interna de la tierra

Aquí se agrupan los depósitos que deben su origen a procesos de vinculación magmática o metamórfica, con una participación siempre importante de un factor estructural, ya que la localización del proceso, la canalización de su evolución y la ubicación final del producto siempre tiene relación con la estructura. Los yacimientos asociados a la geodinámica interna se clasifican en magmáticos (superficiales o profundos); hidrotermales y metamórficos.

Yacimientos originados por la dinámica externa de la tierra

Como consecuencia de los procesos de la dinámica externa⁴ se forman numerosos yacimientos que, según sus características, se agrupan en:

- Yacimientos sedimentarios
- Yacimientos de concentración mecánica
- Yacimientos de concentración residual
- Yacimientos originados por meteorización, lixiviación y redeposición
- Yacimientos de hidrocarburos

Clasificación de los Yacimientos de acuerdo a su génesis o formación			
Originados por la dinámica interna de la tierra	Mágmaticos	Profundos	Diamantes, cuarzo, feldspatos, micas, entre otros
		superficiales	Piedra pómez, perlitas
	Hidrotermales		Cobre, azufre, plomo, plata, zinc, oro, baritina
	Metamórficos		Grafito, amianto, mármoles, talco, serpentina.
Originados por la dinámica externa de la tierra	Sedimentarios		Arena, ripio, diatomitas, evaporitas
	De concentración mecánica		Oro, diamante, scheelita, platino, magnetita
	De concentración residual		Bauxita
	Originados por meteorización, lixiviación y redeposición		Sulfuros (Pirita, galena, blenda, artentita, entre otros)
	De hidrocarburos		Petróleo, gas, carbón

⁴ Los agentes externos se encargan de destruir lentamente los relieves creados por la dinámica interna, a través de un conjunto de procesos: meteorización, erosión, sedimentación.

Clasificación de los yacimientos según el uso de los minerales contenidos

Los yacimientos minerales se pueden clasificar según su interés económico en:

- Metalíferos
- No metalíferos
- Rocas de aplicación
- Gemas

Yacimientos metalíferos

En los yacimientos metalíferos, el valor económico depende del contenido de elementos metálicos. Se encuentran en baja proporción como elementos nativos o minerales, por ello hay que concentrarlos y en muchos casos, refinarlos.

Los depósitos minerales metálicos constituyen concentraciones anómalas de un elemento (o elementos) en la corteza terrestre. Para que un determinado elemento llegue a constituir un yacimiento explotable económicamente, el metal debe estar concentrado muy por encima de su abundancia media en la corteza terrestre. El grado de enriquecimiento varía para cada elemento dependiendo del valor de cada metal.

Algunos ejemplos:

Elemento	Abundancia media en la corteza	Ley promedio mínima explotable	Factor de enriquecimiento
Al (aluminio)	8%	25,0%	3,75
Au (oro)	4 ppb (partes por billón)	0,5 g/t	125
Cr (cromo)	100 ppm (partes por millón)	25,0%	3000
Cu (cobre)	50 ppm	0,4%	80
Fe (hierro)	5%	20,0%	5
Mn (manganeso)	900 ppm	30,0%	389
Ni (níquel)	70 ppm	0,5%	71
Pb (plomo)	10ppm	4,0%	4000
Sn (estaño)	2 ppm	0,5%	2500
Zn (zinc)	70 ppm	4,0%	571

Tabla: Principales elementos con valor económico, su porcentaje en la corteza terrestre y ley promedio mínima explotable

Comúnmente los yacimientos metalíferos se clasifican en **ferrosos y no ferrosos**. Los primeros comprenden el hierro, manganeso, cromo, molibdeno, níquel, cobalto, tungsteno y vanadio. Los no ferrosos se clasifican a su vez en metales básicos (cobre, plomo, zinc y estaño), ligeros (aluminio, magnesio y titanio), preciosos (oro, plata y platino) y radioactivos (uranio y torio).

Como características generales podemos decir que:

- son escasos e irregularmente distribuidos;
- se utilizan para extraer metales;
- los costos de exploración, extracción y tratamiento son altos.

Pueden aparecer como elementos nativos (oro, plata, platino, cobre); como sulfuros simples o sulfosales con más de un elemento metálico de hierro, cobre, plomo, zinc, cobalto, níquel, como por ejemplo pirita, calcopirita, galena, esfalerita, bismutinita, pentlandita, o como productos oxidados de hierro, manganeso, cobre. Además pueden presentarse como sulfatos, carbonatos, fosfatos, vanadatos, wolframatos, silicatos.

Yacimientos no metalíferos

Corresponden a aquellos yacimientos cuyas sustancias minerales se utilizan en procesos industriales, directamente o mediante una preparación adecuada. En general, los minerales industriales persisten con las mismas propiedades desde la cantera hasta su aplicación final.

Los yacimientos no metálicos pueden presentarse como depósitos monominerales (fluorita) o poliminerales, como los que se encuentran en las pegmatitas de cuarzo, feldespato y micas.

Como características generales podemos decir que:

- Son abundantes.
- El precio por unidad en general es bajo.
- La exploración, extracción y tratamiento es barato.
- Las reservas son “infinitas” y tienen en general sustitutos (minerales o materiales que los pueden reemplazar)

Uno de los mayores problemas es que los volúmenes utilizados son altos, lo que implica que el costo del transporte incide mucho en el costo final.

Muchas veces se refieren a estos yacimientos como ‘minerales industriales’ y se los define como: *no metálicos, no energéticos extraídos y procesados para usos industriales, sumados a aquellas menas metálicas utilizadas en aplicaciones no metalíferas.*

Otra definición dice: *Los minerales industriales se definen como toda roca mineral, u otra sustancia natural, que tenga valor económico, excluyendo las menas metálicas, el petróleo y las gemas.*

Dentro de este grupo se incluyen: la baritina, el boro (como boratos), la bauxita (como fuente de aluminio), el carbonato de calcio (principalmente para la industria de la construcción), el fósforo (como fosfatos), cuarzo, feldespato, micas, talco, zeolitas, entre otros.

Como se observa, parte de los materiales que enunciamos son metálicos, como por ejemplo la bauxita (aluminio) o el titanio, que principalmente se utiliza para pigmento; sin embargo se incluyen como minerales industriales por su uso.

En el siguiente cuadro se presentan algunas industrias y los minerales o rocas que principalmente utilizan.

Aplicaciones industriales	
Abrasivos	Arcillas, feldespato, granate, corindón, diamante.
Cerámicos y vidrios	Arcillas, bauxitas, cromita, magnesita, feldespato, cuarzo
Refractarios	Arcillas, corindón, sillimanita, andalucita, bauxita magnesita, cromita, circón, olivino.
Industria química	Azufre, minerales de titanio, baritina, arcillas, bauxita, sulfato de aluminio, boratos, bentonita, grafito, minerales de litio.

Fertilizantes	Fósforo, potasio, nitrógeno, calcio, magnesio, azufre.
Filtrantes	Diatomitas, perlita.
Fundentes	Calizas, fluoritas, boratos.
Fluidos de perforación	Baritina, bentonitas.
Pigmentos	Óxidos de hierro, minerales de titanio

Rocas de aplicación

Las rocas de aplicación, también conocidas como Rocas Industriales o de Construcción, son rocas “no metalíferas”, que se usan directamente en la industria de la construcción o son usados como materias primas para la elaboración de insumos para la misma. Hay sustancias de este grupo que tienen variadas aplicaciones industriales, como ocurre con muchas materias primas. Por su belleza (color, diseño, brillo) y resistencia son utilizados también para la protección y ornamentación de aquellos sectores de los edificios más expuestos al desgaste, como los pisos y las partes bajas de los frentes.

Entre los materiales más usados pueden citarse algunas rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Se destacan diferentes tipos de mármoles, con gran variedad de colores y dibujos; granitos y basaltos, serpentinas, travertinos, etc. Los adoquines que aún tapizan el suelo de muchas calles son generalmente de granito o de gneiss.

Algunas rocas de aplicación pueden ser, las ornamentales, caliza, yeso, pórfidos, piedra laja, piedra partida, arcillas, materiales volcánicos, serpentina.

Rocas Ornamentales: Las rocas ornamentales o “piedra natural” son las rocas que se explotan industrialmente para la obtención de bloques, losas o placas para recubrimientos usados en construcción. En principio la gran mayoría de las rocas tanto ígneas, metamórficas como sedimentarias pueden tener aplicación como rocas ornamentales. Sin embargo, sólo se usan aquellas que se consideran estéticamente bellas y que son suficientemente duras y resistentes para ser utilizadas en elementos estructurales (construcción, elementos decorativos o artísticos). Los criterios de selección suelen ser el color, la textura, la facilidad de pulimiento, la durabilidad, la resistencia e incluso aspectos históricos (por conservación de un determinado entorno arquitectónico).

Desde un punto de vista comercial, las rocas ornamentales se agrupan en tres tipos:

1. **Granitos:** Se entiende por granito ornamental el conjunto de rocas ígneas compuestas por diversos minerales que se explotan en forma de bloques de naturaleza y se utiliza para la construcción para la decoración, aprovechan sus cualidades estéticas, una vez elaboradas, con procedimientos tales como pulido, esculpido, etc.



2. **Mármoles y calizas marmóreas:** Esta definición es aplicable al conjunto de rocas constituidas fundamentalmente por minerales carbonatados de dureza. Los mármoles son rocas carbonatadas compuestas esencialmente de calcita o dolomita. Las calcitas denominadas marmóreas son rocas carbonatadas, frecuentemente recrystalizadas, compactadas, de grano fino, normalmente

con vetas de calcita e impurezas que proporcionan colores variados y, a veces, con inclusión o fósiles.

3. **Pizarras:** Son rocas que sus características están formadas por la propia esquistosidad de este tipo de materiales. Las pizarras son rocas metamórficas de grano fino que presentan una exfoliación característica, debida a la orientación planar de sus minerales principales, que constituye la esquistosidad. Tienen la propiedad de separarse en placas muy finas aptas para elaborar tejas para techos.

Además de los tres grandes grupos de rocas ornamentales, existen otras tales como areniscas, calizas no pulimentables, cuarcitas, alabastro, etc. La mayor parte se obtiene de trabajos de cantería y se emplean en proyectos urbanos según tradiciones locales. Su presencia es destacada en el ámbito del patrimonio artístico.

Caliza: La gran mayoría de las calizas son rocas sedimentarias de origen biológico, formadas en plataformas marinas. Hay una cantidad menor de calizas de origen químico, y también las hay formadas en lagunas. Están compuestas principalmente por calcita y cantidades menores de arcilla, cuarzo y otros minerales. La caliza es una roca muy común y abundante aunque no cualquier caliza es apta para uso industrial. La producción y las reservas de caliza son sólo superadas en cantidad por la producción y reservas de arenas para la construcción y el canto rodado.

Yeso: Designa tanto al mineral ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) como a la roca sedimentaria de origen evaporítico cuyo componente mineralógico esencial es el yeso. En este estado el yeso adquiere la propiedad de hidratarse nuevamente con agregado de agua y fraguar y secarse. La mayor parte del yeso calcinado se destina a la industria de la construcción. Los productos del yeso pueden dividirse en varias categorías de acuerdo a su uso:

- 1) Grupo de la Construcción: como el yeso es a prueba de fuego, es versátil y de fácil aplicación se utiliza mucho en la industria de la construcción como material de cubrimiento y terminación en tabiques, cielo raso, terminación de paredes, etc.
- 2) Grupo Industrial: éste puede ser yeso calcinado, anhidro y no calcinado. Se usa para producir diferentes productos que van desde moldes dentales, aparatos de ortopedia, cerámica, plásticos, cemento, papel, pigmentos y bebidas alcohólicas -especialmente en el procesamiento de la cerveza- hasta la cementación de pozos de perforación de petróleo y gas.
- 3) Grupo Agrícola: el yeso se utiliza como acondicionador de suelos.

Pórfidos: Se trata de rocas hipoabisales, de composición variable entre pórfidos riolíticos y dacíticos, de una extraordinaria dureza y resistencia. Se cortan con herramientas manuales o máquinas de tipo guillotina. Principalmente se usan como bloques y placas de pequeño tamaño, de aspecto rústico, para veredas, adoquinados y otras construcciones.

Piedra Laja: Cualquier roca que pueda separarse naturalmente en placas de pequeño espesor y superficie relativamente grande, se denomina piedra laja. Las más comunes son rocas sedimentarias clásticas, de grano medio a fino, a veces tobáceas o calcáreas. Son relativamente abundantes y variadas en color, textura, aspecto y resistencia a agentes atmosféricos, por esta última propiedad son muy usadas en la pavimentación y, en menor cantidad, para recubrimientos de partes de paredes como los zócalos.

Piedra Partida: Si el árido a utilizarse en una obra determinada tiene que dar una buena trabazón entre fragmentos no se debe usar grava ni cantos rodados, sino piedra partida. Esta puede ser cualquier roca coherente (no disgregables ni soluble) triturada. Incluso, en muchos casos se usan descartes de canteras de granito, mármol o caliza. El conjunto de áridos que se usan para construir los terraplenes que sostienen las vías ferras se denomina balasto.

Arcilla: La arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la descomposición de rocas que contienen feldespato, originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$. Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la primera cerámica elaborada por los seres humanos, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son elaborados con arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, producción de cemento y procesos químicos.

Materiales volcánicos: Estos se dividen en varios grupos:

- Perlita y obsidiana: es un vidrio volcánico con numerosas fracturas concéntricas que le confieren una estructura perlítica, como si fuera una roca de perlas.
- Pómez y granulado volcánico: Es una lava vítrea, extremadamente vesiculosa, de composición generalmente ríolítica, de colores claros (blanco, gris). También suele calificarse como una espuma volcánica solidificada.
- Puzolana: El término puzolana no corresponde a una roca ni a una especie mineral. Se aplica a ciertos materiales naturales o artificiales que, mezclados con el Cemento Portland mejoran sus condiciones de fraguado en el hormigón.

Serpentina: Se caracterizan por no presentarse en forma de cristales, excepto en el caso de pseudomorfismo. Son productos de alteración de ciertos silicatos magnésicos, especialmente olivino, piroxenos y anfíboles. Existen cinco tipos de serpentina:

1. Antigorita: de color verde oscuro, translúcida.
2. Crisólito o asbesto: formado por fibras finas y paralelas, que se separan fácilmente. (aislante térmico).
3. Serpentina corriente: de color oscuro, a veces mineral multicolor.
4. Serpentina noble: el color varía entre verde y amarillo.
5. Serpentina masiva verde antrico; verdosa jaspeada, utilizada para decoración.



Gemas

Las gemas son minerales que tienen propiedades físicas y ópticas que al ser cortadas y pulidas pueden usarse en joyería y ornamentos. Se incluyen también algunas gemas de origen orgánico como el *ámbar*, más allá de no ser mineral.

Las propiedades que debe cumplir una gema son:

- *Belleza*, que depende del criterio personal del observador (color, brillo, transparencia, reflejos)
- *Dureza*, que asegurará durabilidad.
- *Rareza*, cuanto más raro sea un mineral precioso en el mercado, su precio aumenta inmediatamente y las gemas de este mineral cobrarán un gran valor.
- *Moda*, que marcará la demanda de algunas gemas. También los cánones culturales pueden imponer tendencia.

Las gemas se las puede clasificar en:

- Naturales: aquellas de origen geológico o biológico en cuyo origen no ha intervenido la tecnología humana: Ejemplos: diamante, coral, perla.
- Sintéticas: de igual composición que las naturales, pero se han fabricado por el hombre. Ejemplos: rubí, esmeralda y zafiro sintéticos.
- Artificiales: fabricadas por el hombre y sin equivalente natural. Ejemplos: granate de gadolinio y galio (GGG).
- De imitación: gemas naturales, sintéticas o artificiales que se asemejan en el aspecto, pero no en la composición, a gemas de más valor. Ejemplo vidrio verde, cuarzo teñido, espinela sintética o turmalina como imitación de esmeralda.

¿Qué es la talla? En el yacimiento el mineral está en bruto. Cuando se lo talla, aflorarán las características de la gema, características que son las que la confieren tanto su belleza como su valor. En el proceso de tallado se separan los fragmentos de mejor estructura cristalina, se les da forma geométrica y se pulen sus superficies, con el fin de potenciar las propiedades ópticas de los cristales, es decir, resaltar al máximo sus cualidades de color, brillo, transparencia, dispersión y resplandor.



Argentina tiene una amplia trayectoria en la extracción de rocas de aplicación y materiales para la construcción. Es así que esta actividad ocupaba el primer lugar en la producción minera nacional hasta 1997, año anterior a la puesta en marcha de los proyectos metalíferos Bajo de la Alumbrera en la provincia de Catamarca y Cerro Vanguardia, provincia de Santa Cruz. Hasta ese momento, la provincia de Buenos Aires era el primer productor minero.

BIBLIOGRAFÍA

- *Manual del agua potable* (Frank R. Spellman- Joanne Drinan) – Editorial Acribia 2004
- *Ingeniería y Ciencias Ambientales* (Mackenzie L. Davis - Susan J. Masten) Mc Graw Hill Interamericana 2005.
- *Fuentes de Energía. Proyecto Newton, materiales didácticos.* Ministerio de Educación- Gobierno de España.
- *El recorrido de la energía* (Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid)
- *Librosvivos.net* (El calor y la temperatura)
- *Oferta de Minerales industriales de la República Argentina* – SEGEMAR, Buenos Aires www.segemar.gov.ar
- *Carlos Herrmann y Eduardo O. Zappettini. Recursos Minerales, Minería y Medio Ambiente. Serie Publicaciones N°173 Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) 2014.*
- *Minerales y rocas en el arte, la ciencia y la tecnología* (José Sellés – Martínez; Liliana N. Castro) Colección Ciencia Joven – Eudeba
- *Lavandaio, Eddy Omar Luis, 2008. Elementos de geología, mineralogía y materias primas minerales, 2ª edición. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Buenos Aires.*