

COMPETENCIA SOBRE AGUA, ENERGÍA Y AMBIENTE

5° ciclo - año 2011

Bibliografía 10° programa:

Temas:

- 1) Hidroarsenicismo, abatimiento de aguas con arsénico
- 2) Energía térmica

1 – Hidroarsenicismo, abatimiento de aguas con arsénico

Introducción

La contaminación de agua provocada por arsénico (As) es un serio problema de salud pública de importancia a nivel mundial debido al poder carcinógeno y neurotóxico del elemento. El arsénico no sólo está presente en las aguas subterráneas sino también en las aguas superficiales, y su origen varía de acuerdo con la zona que se considere.

En varios países de América Latina como Argentina, Chile, México, El Salvador; millones de personas beben en forma permanente agua con niveles de arsénico que ponen en riesgo su salud.

En otras regiones del mundo como India, China y Taiwan el problema es aún mayor. De acuerdo a la información obtenida, en India existen alrededor de 6 millones de personas expuestas, de las cuales más de 2 millones son niños. En Estados Unidos más de 350.000 personas beben agua cuyo contenido es mayor que 0,5 mg/L (miligramos por litro) de arsénico, y más de 2,5 millones de personas están siendo abastecidas con agua con tenores de arsénico mayores a 0,025 mg/L.

El arsénico en el agua natural

El arsénico es un elemento no metálico presente en la naturaleza formando un 0,00005% de la corteza terrestre, el cual se presenta en sus formas orgánica o inorgánica. Su principal vía de dispersión en el ambiente es el agua. Aun si se considera la sedimentación, la solubilidad de los arsenatos (As V) y arsenitos (As III) es suficiente para que este elemento se transporte en los sistemas acuáticos. La concentración del arsénico en aguas naturales frescas es muy variable y probablemente depende de las formas de arsénico en el suelo local.

En los sistemas acuáticos el arsénico se puede presentar en cuatro estados de oxidación bajo condiciones normales siendo las más comunes sus estados trivalentes (arsenitos) y pentavalentes (arsenatos). Las condiciones que favorecen la oxidación química y biológica inducen el cambio a especies pentavalentes y, a la inversa, aquellas que favorecen la reducción cambiarán el equilibrio al estado trivalente.

La toxicidad de los compuestos de arsénico es altamente dependiente de su forma química:



Resultados con animales de laboratorio indican que el arsénico inorgánico trivalente es más tóxico que el pentavalente debido a que los compuestos pentavalentes tienen menor efecto en actividades enzimáticas, pero in vivo éstos pueden ser reducidos a compuestos trivalentes. La toxicidad del arsénico depende del estado de oxidación, estructura química y solubilidad en el medio biológico. La escala de toxicidad del arsénico decrece en el siguiente orden: arsina > As^{+3} inorgánico > As^{+3} orgánico > As^{+5} inorgánico > As^{+5} orgánico >

compuestos arsenicales y arsénico elemental. La toxicidad del As^{+3} es 10 veces mayor que la del As^{+5} y la dosis letal para adultos es de 1-4 mg As/Kg.

La situación en Argentina

La región afectada es una de las más extensas del mundo y comprende parte de las provincias de Córdoba, La Pampa, Santiago del Estero, San Luis, Santa Fe, Buenos Aires, Chaco, Formosa, Salta, Jujuy, Tucumán, La Rioja, San Juan y Mendoza.

El origen de la contaminación natural con arsénico en las aguas subterráneas se debe a la actividad volcánica de la cordillera de Los Andes.



Los acuíferos arseníferos están formados por una secuencia sedimentaria con predominio de loess de edad cuaternaria. Parte del arsénico en las aguas puede derivar de la disolución de vidrio volcánico.

El arsénico en el agua puede encontrarse en la forma química de oxoanión en sus dos estados de oxidación As(III) y As(V) , arsenito y arseniato respectivamente.

La movilidad del arsénico entre el sedimento y el agua se debe a factores que están controlados por el pH, y las condiciones redox.

Los procesos geoquímicos que intervienen en la movilización del arsénico son de adsorción-desorción. El arsénico inorgánico puede ser adsorbido por óxidos de hierro, manganeso y aluminio.

El aumento de la concentración de arsénico en agua dependerá del régimen hidrogeológico y paleohidrogeológico del acuífero. Es decir, que el problema tiene una dimensión temporal. Un factor crítico es el tiempo de residencia del

agua en el acuífero. Una consecuencia de esto, es que en acuíferos profundos y antiguos la concentración de arsénico es baja.

El aumento en el caudal de agua extraído, (es decir una mayor explotación), de un pozo realizado en un acuífero arsenífero, producirá en el tiempo agua con mayor contenido de arsénico. Por este motivo, suelen realizarse nuevas perforaciones. Pero estas son soluciones de corto o mediano plazo, ya que el acuífero es el mismo, y por lo tanto a largo plazo puede incrementarse la concentración de arsénico en toda la zona abastecida por él.

En cada una de las provincias afectadas, pueden encontrarse diferentes situaciones. Hay localidades que tienen provisión de agua a través de una red de distribución, pero si estas no cuentan con una planta de remoción de arsénico, el agua distribuida probablemente contenga niveles de arsénico superiores a 0,01 miligramos por litro (10 ppb –partes por billón-).

También existen poblaciones aisladas o rurales en las cuales el abastecimiento de agua se hace con pozos particulares cuya agua contiene arsénico, algunas de estas poblaciones no cuentan con energía eléctrica. En este último caso el modelo de intervención propuesto debe contemplar también esa situación, que limita las posibilidades de uso de ciertas tecnologías para la remoción del arsénico.

La exposición se ha limitado generalmente al agua de pozo, y como medidas mitigadoras se han construido acueductos desde ríos con bajo contenido de arsénico y se han instalado algunas plantas de tratamiento para reemplazar o tratar el agua no apta para consumo.

No todas las aguas de pozo provenientes de suelos con altos niveles de As, lo contienen. La presencia del mismo en el agua depende de la forma química del As en el suelo, de la alcalinidad y la dureza del agua. En general, a mayor alcalinidad y menor dureza, es mayor el contenido de arsénico en agua.

No es frecuente encontrar arsénico en aguas superficiales, sin embargo en San Antonio de los Cobres (Salta), hay ríos de deshielo, como el Río San Antonio, con contenido de arsénico de aproximadamente 1 mg/L. En aguas de la primera napa el contenido de arsénico es variable, por la influencia de las lluvias y las sequías y también por la explotación de los pozos.

En napas más profundas el contenido de arsénico suele ser bajo y constante, pero el agua suele ser salobre.

En 2001, la población argentina expuesta se estimaba en aproximadamente un millón de personas (3% de la población del país): 325.000 personas en Tucumán; 200.000 en Santa Fe, 117.300 en La Pampa, 100.000 en Santiago del Estero, 5.000 en Salta y 4.300 en Chaco (Ministerio de Salud de la Nación).

Según un estudio realizado en 2006 la población que habita en áreas con aguas arsenicales es alrededor de 2.500.000 habitantes, casi el 7% de la población del país. Las áreas arsenicales identificadas suman alrededor de 435.000 Km² de superficie.

Una investigación realizada en Santiago del Estero encontró que, dentro de la población estudiada, un alto porcentaje de personas está seriamente expuesta al As por el agua de bebida y los alimentos cocinados, hecho evidenciado por las concentraciones de As en el agua, los alimentos, y la excreción elevada de As en orina.

Fuentes antropogénicas de arsénico

Si bien la problemática del agua con arsénico en la República Argentina, se debe fundamentalmente a la presencia natural del arsénico, no es conveniente ignorar el aporte que la actividad del hombre puede ocasionar.

Las fuentes antropogénicas se deben al uso de compuestos de arsénico, como por ejemplo: óxido arsenioso, óxido arsénico, arseniatos de calcio y plomo, arsenicales orgánicos, arsénico elemental.

Sus usos son:

- Insecticidas o herbicidas para cultivos (vid, tomate, algodón, café, etc).
- Antiparasitario de animales (ovejas, cabras etc).
- Tratamiento de maderas (preservante por su acción fungicida).
- Subproducto de fundición de metales: cobre, estaño, cobalto y plomo.
- En la combustión del coke.
- En la industria de semiconductores.
- Terapéutica humana y veterinaria. En medicina humana ya no es tan usado, pero aún se usa en veterinaria. Se emplean desde soluciones de arsenito de potasio (Solución de Fowler) hasta arsenicales orgánicos. En muchos países el uso en humanos de la solución de Fowler está prohibido, pero aún se prescriben soluciones conteniendo arsenicales orgánicos, principalmente como antiparasitarios.

Efectos del arsénico en la salud

Se conoce que las principales rutas de exposición de las personas al arsénico son la ingesta e inhalación, y es acumulable en el organismo por exposición crónica. Ciertas concentraciones ocasionan afecciones como: alteraciones de la piel (relajamiento de los capilares cutáneos y la dilatación de los mismos) con efectos secundarios en el sistema nervioso, irritación de los órganos del aparato respiratorio, gastrointestinal, y hematopoyético y acumulación en los huesos, músculos y piel, y en menor grado en hígado y riñones. Existe evidencia epidemiológica que personas con ingestión prolongada de arsénico inorgánico, vía agua de bebida, sufren la hiperqueratosis palmo-plantar cuya manifestación principal es la pigmentación de la piel y callosidades localizadas en las palmas de las manos y pies.

Las vías más ligadas con los modos de exposición son:

- Por ingestión
- Por inhalación
- Dérmica

Efectos tóxicos crónicos del As y sus derivados

Como ya se expresamos anteriormente, la toxicidad de los compuestos de arsénico es altamente dependiente de su forma química, siendo el arsénico inorgánico trivalente más tóxico que el pentavalente.

La toxicidad del arsénico depende del estado de oxidación, estructura química y solubilidad en el medio biológico.

Los efectos crónicos son:

- a) de tipo general;**
- b) teratogénesis;**
- c) mutagénesis;**
- d) carcinogénesis.**

a). De tipo general:

- Desbalance electrolítico, pérdidas excesivas desde sangre a tejidos y tracto intestinal.
- Depresión hematopoyética, disminución de leucocitos y ocasionalmente anemia aplásica.
- Inflamación de ojos y tracto respiratorio.
- Pérdida de apetito y peso.
- Daño hepático de distinto grado: ictericia, cirrosis, etc.
- Alteraciones sensoriales.
- Dermatitis: hiperpigmentación, hiperqueratosis palmo-plantar, descamación y caída del cabello. (Indicadores de intoxicación crónica).
- Estrías blancas en uñas.
- Isquemia de miocardio.
- Enfermedades vasculares periféricas (enfermedad del “pie negro”).

b). Teratogénesis:

Alteración estructural y funcional del desarrollo que impide la formación armónica del individuo. En casos extremos puede conducir a la muerte del embrión. El As y algunos de sus compuestos han demostrado tener propiedades teratogénicas.

Se ha demostrado tanto en humanos como en animales, aunque en humanos los datos son escasos. Por ejemplo se observó mayor incidencia de malformaciones múltiples en hijos de empleadas de fundiciones de metales expuestas a As, que en niños nacidos en el vecindario.

c). Mutagénesis:

Consiste en una modificación de las bases que constituyen el ADN. El arsénico ha demostrado ser mutágeno en humanos y en animales de experimentación.

d). Carcinogénesis:

Desde fines del siglo XIX, el As fue una de las primeras sustancias reconocida como carcinógeno humano. En poblaciones humanas expuestas, el arsénico

está asociado a tumores de piel y pulmones, pero también puede asociarse con tumores de vejiga, riñón e hígado.

A pesar de ser claramente un carcinógeno humano, su carcinogenicidad continúa siendo un enigma. De hecho, es el único agente que la IARC (International Agency of Research of Cancer) considera un carcinógeno humano, a pesar de que son “inadecuadas” las evidencias de su potencial carcinogénico en animales. Los datos de su carcinogenicidad en animales son negativos o dudosos para la IARC.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América, USEPA, clasifica al arsénico como cancerígeno en el grupo A debido a la evidencia de sus efectos adversos sobre la salud. La exposición a 0,05 mg/L puede causar 31,33 casos de cáncer de la piel por cada 1 000 habitantes y ha considerado bajar el límite máximo de aceptación de 0,050 mg/L, al de 0,010 - 0,020 mg/L. El Centro Internacional de Investigaciones sobre cáncer lo ha clasificado en el grupo I porque tienen pruebas suficientes de la carcinogenicidad para seres humanos. La eliminación natural del organismo humano es por vía urinaria, heces, sudor y epitelio de la piel (descamación).



Efectos tóxicos agudos

Los efectos más destacados de la intoxicación aguda por arsenicales inorgánicos son:

- Daño severo gastrointestinal con dolores, vómitos y diarrea.
- Vasodilatación, caída de la presión sanguínea, shock.
- Daño renal glomerular y tubular con reducción de volumen urinario y anuria final.
- Depresión y parálisis de la respiración. Esta es frecuentemente la causa de muerte.
- Pérdida de movimientos voluntarios y parálisis de origen central.
- Hipotermia.
- Contracciones musculares.
- Anormalidades cardíacas.

Qué es el HACRE

Se define como **Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE)** a la enfermedad producida por el consumo de arsénico a través del agua y los alimentos. Esta enfermedad se caracteriza por presentar lesiones en la piel y alteraciones sistémicas cancerosas y no cancerosas, luego de un período variable de exposición a concentraciones mayores de 10 ppb (0,01 mg/l) en agua de consumo diario (bebida y preparación de alimentos).



Casos de HACRE en Bangladesh

En Argentina se observaron efectos crónicos, como hiperpigmentación y queratosis así como cáncer de piel, en zonas donde se emplean aguas de bebida con alto contenido de arsénico. La dosis de referencia dada por IRIS (Integrated Risk Information System) es 3,10 - 4 mg/kg/día. En Máximo Paz, Provincia de Santa Fe, la dosis de exposición excede tres veces la de referencia.

En cuanto a las manifestaciones clínicas, la prevalencia de HACRE fue del 14%, siendo llamativo el hecho de haber observado estas manifestaciones en menores de 15 años.

A diferencia de estudios realizados en otros países, no se encontraron por examen físico, signos o síntomas vasculares periféricos relacionados a la exposición crónica al arsénico, apoyando la hipótesis de que las manifestaciones del arsenicismo en nuestro país tienen características propias y distintivas.

Los efectos tóxicos del arsénico afectan a personas de todas las edades, principalmente a aquellas que viven en la pobreza y con desnutrición. De esta manera, se han identificado como grupos susceptibles:

- **Niños:** son especialmente susceptibles debido a que la dosis de arsénico será, en promedio, mayor que la de los adultos expuestos a concentraciones similares, ya que su ingesta de líquidos y alimentos es relativamente alta en comparación con su peso corporal.
- **Mujeres embarazadas y en lactancia:** especialmente vulnerables debido a los posibles efectos adversos del arsénico sobre la reproducción y el desarrollo.
- **Individuos con estado nutricional deficitario:** pueden tener una capacidad disminuida para metabolizar el arsénico.
- **Individuos con enfermedades preexistentes (sobre todo renales y hepáticas):** que podrían ser más susceptibles a los efectos del arsénico, debido a que estos órganos son responsables de la destoxificación del arsénico en el organismo y son blanco de los efectos deletéreos del elemento.

El consumo de arsénico en dosis bajas y de manera crónica produciría no solo efectos en la salud sino que también se convertiría en un problema social que puede afectar a comunidades enteras.

Una dificultad para que la población tome conciencia de no consumir aguas con alto contenido de arsénico radica en que las características organolépticas de las aguas arsenicales **no son generalmente desagradables**, y los efectos tóxicos pueden observarse tardíamente. El comienzo de los síntomas puede ocurrir entre los 5 y 10 años de exposición, y las lesiones malignizarse décadas después.

Se estima que en América Latina, por lo menos cuatro millones de personas beben en forma permanente agua con niveles de arsénico que ponen en riesgo su salud. Las concentraciones de arsénico en el agua, sobre todo en el agua subterránea, presentan niveles que llegan en algunos casos hasta 1 ppm (partes por millón).

En el Cono Sur alrededor de uno o dos millones de personas están potencialmente expuestas a la ingestión de agua con más de 10 ppb de arsénico. El área afectada se extiende en un continuo noroeste-sureste desde la costa pacífica hasta la costa atlántica.

En nuestro país el límite meridional corresponde a los cursos de los ríos Desaguadero y Colorado. El límite septentrional provisoriamente se ha fijado en el borde norte del Altiplano y en los cursos de los ríos Bermejo y Paraná.

Los efectos en la salud ocasionados por el arsénico están bien documentados en Sudamérica desde principios del siglo XX. Entre los casos más emblemáticos y con mayor repercusión mundial de afectación por arsénico en agua se destacan el de Bell Ville en Córdoba y el de Antofagasta en Chile. El gran número de casos de HACRE en la ciudad de Bell Ville determinó que esta patología se conociera como "enfermedad de Bell Ville" hasta 1913, año en que Goyenechea y Pusso relacionaron las patologías observadas con el consumo de agua con arsénico (1917). Esta patología fue descripta en detalle por Ayerza y la denominó "arsenicismo regional endémico" (1917). Los numerosos trabajos que se llevaron a cabo con posterioridad pusieron de manifiesto que la extensión geográfica del área afectada en Argentina es mucho más grande de lo que inicialmente se pensaba.

Valores máximos recomendados

En Argentina, las normas de calidad de agua para suministro público y de uso domiciliario relacionadas con sus características físicas, químicas y microbiológicas están establecidas en el Capítulo XII del Código Alimentario Argentino. Los límites que se adoptan para los diferentes parámetros normalmente siguen los valores guías recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras fuentes internacionales. En el caso de las concentraciones permitidas de arsénico en agua de bebida el Código mantiene el límite de 50 ppb (0,05 mg/l) mientras que la OMS ya recomienda un máximo de 10 ppb.(0,01 mg/l).

Algunos estudios de toxicidad del arsénico indican que muchas de las normas actuales basadas en las guías de la OMS son muy altas, y plantean la necesidad de reevaluar los valores límites basándose en estudios epidemiológicos; por ejemplo, en Taiwan estiman que el límite se debe reducir de 0,02 hasta 0,0005 mg/L, en otros casos al parecer deberían aumentarse

dichos valores, de acuerdo a las condiciones regionales. En América Latina ha podido apreciarse que a niveles similares de arsénico en diferentes condiciones (climatológicas, de nutrición y otros) el nivel de afectación es diferente.

•Valores guía de la OMS (1995) y del Código Alimentario Argentino (2007):
0,01 mg/L
•Valores máximos tolerados por Argentina,
•Código Alimentario (1994 hasta 2007):
0,05 mg/L
•Valores hallados en La Francia, Pcia. de Córdoba:
de 2 a 12 mg/L

Regiones con concentraciones de arsénico en agua

Las elevadas concentraciones de arsénico en el agua se presentan en una amplia región del norte y centro de Argentina. En esta zona, salvo en casos puntuales (explotación minera, fundiciones), no hay actividades antropogénicas que puedan generar las anomalías de arsénico observadas. Este arsénico es de origen natural, es decir, está relacionado con algunos de los diversos procesos geológicos que han afectado y afectan esta región.

La distribución de agua con alto contenido de arsénico se sucede en un continuo noroeste-sudeste desde la cordillera hasta la costa atlántica. Las aguas superficiales con concentraciones elevadas de arsénico son relativamente poco frecuentes, restringiéndose a las cuencas de La Puna y zonas limítrofes (provincias de Jujuy, Salta y Catamarca). En cambio, las aguas subterráneas afectadas demuestran una gran variabilidad y están distribuidas en amplias áreas de las provincias del norte y centro de nuestro país.

La región afectada por aguas arsenicales se divide en tres zonas, de acuerdo con las características geográficas, geológicas y climáticas:

- 1• La zona cordillerana, incluyendo el Altiplano, la Puna y áreas limítrofes.**
- 2 • La zona pericordillerana**
- 3 • La zona pampeana**

Abatimiento o remoción del arsénico en agua

En general, el tratamiento de agua potable está orientado a remover color, turbiedad y microorganismos patógenos. Esta remoción se logra a través de una combinación adecuada de procesos: coagulación-floculación-sedimentación-filtración y desinfección. Pero cuando se desea remover elementos químicos del agua, como el arsénico, es necesario recurrir a métodos más complejos.

Según la legislación Argentina, cuando existe un sistema de distribución de agua por red, es responsabilidad del operador de la red, proveer a la población de agua potable. No está permitida la libre comercialización de dispositivos domiciliarios para tratamiento de agua, excepto los autorizados por Salud

Pública y que se emplean para disminuir la concentración de cloro y color o turbidez (aspectos estéticos).

Es importante tener en cuenta que no existe una solución aplicable a todas las poblaciones por igual. Varios son los factores que habrán de conocerse o medirse para poder presentar una o más alternativas que sean válidas para cada caso estudiado. Sin embargo, existe una secuencia lógica, que permite diseñar un modelo de intervención que se adaptará luego al caso problema.

Posibles tecnologías a emplear

Varias son las tecnologías desarrolladas y aprobadas para plantas de abatimiento de arsénico en agua. Las más empleadas son la de coagulación/filtración y la de ósmosis inversa. Otras tecnologías utilizadas con menor frecuencia son la de adsorción y la de intercambio iónico mediante el uso de resinas.

Tecnología de coagulación/filtración

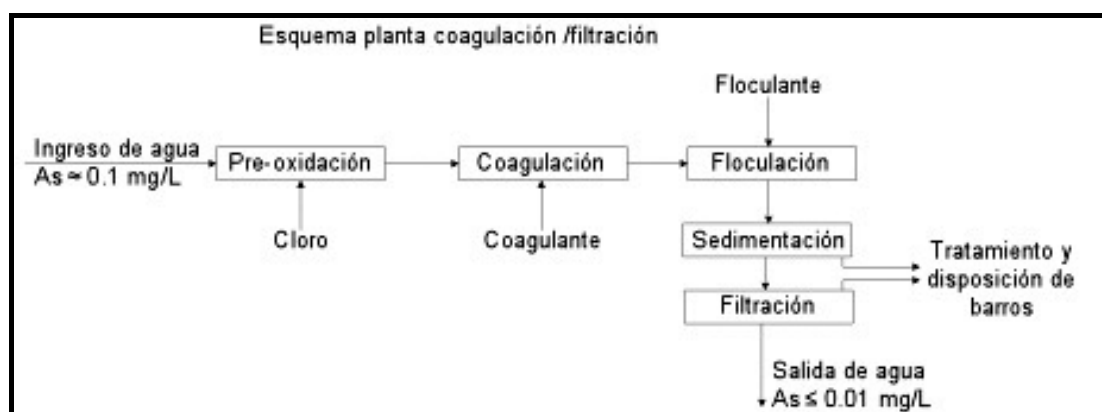
En los procesos involucrados, las propiedades físicas o químicas de la materia suspendida o de los coloides presentes, son alteradas de forma tal que se logre una mejor aglomeración de las mismas permitiendo la simple filtración o la sedimentación por gravedad. Los coagulantes cambian la superficie cargada de los sólidos permitiendo la aglomeración o entrapamiento de las partículas formando flóculos que son sedimentados o filtrados más fácilmente.

Este proceso no se restringe solo a la remoción de partículas en el agua, ya que los coagulantes empleados, compuestos de aluminio o hierro, forman hidróxidos coloidales a pH adecuados, que pueden adsorber otras especies. Este es el caso para el arsénico.

Dado que la remoción del arsénico trivalente -As(III)- es menos eficiente que la del pentavalente -As(V)-, y que el agua puede contener relaciones de ambas especies diferentes de acuerdo a ciertos parámetros físicos y químicos, se aconseja siempre incluir una etapa previa de oxidación.

El tratamiento convencional incluye las siguientes etapas:

- Pre-oxidación
- Coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración

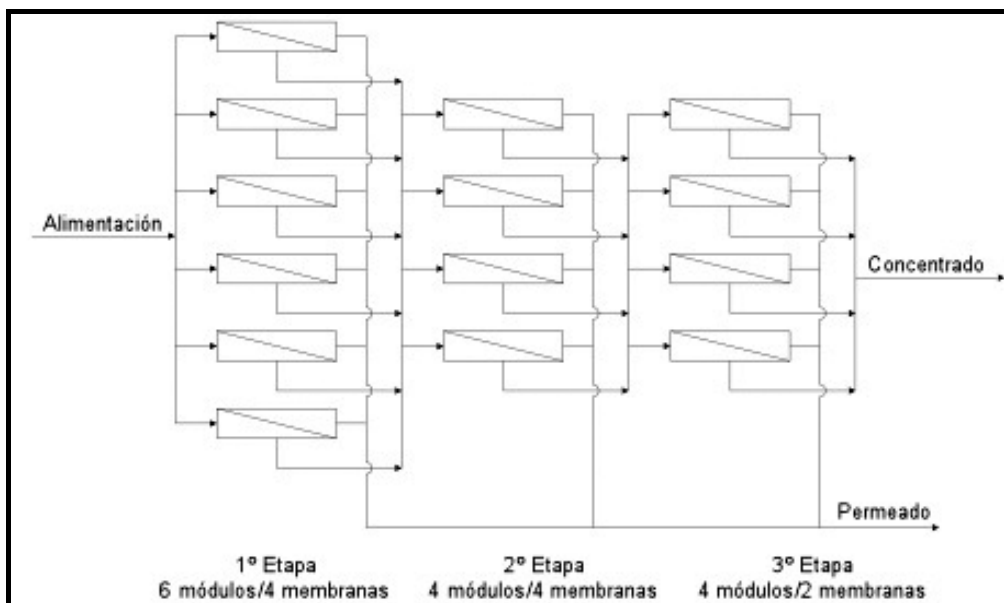


Tecnología de Ósmosis Inversa

La ósmosis inversa permite eliminar sales disueltas presentes en el agua. La operación consiste en forzar al agua a pasar a través de una membrana semipermeable sometida a una presión superior a la presión osmótica.

Las membranas comúnmente utilizadas para el tratamiento de agua son membranas en espiral dispuestas en una configuración que permita alcanzar la conversión y el caudal de permeado requerido. Generalmente se colocan de 2 a 6 membranas por módulo y pueden utilizarse más de una etapa para lograr una mayor conversión.

Esquema de una posible configuración de ósmosis inversa



La ósmosis inversa es una tecnología desalinizadora no específica que permite una remoción de arsénico con más de un 95 % de eficiencia. En la mayoría de los casos es necesario un pre-tratamiento del agua que ingresa al equipo de ósmosis para evitar el deterioro de las membranas. Generalmente se colocan filtros para la remoción de partículas y ablandadores para eliminar la dureza del agua.

Tecnología de Adsorción

La adsorción es un proceso de transferencia de masa donde una sustancia pasa de la fase líquida a la superficie de un sólido y queda atrapada por fuerzas físicas o químicas. Este proceso ocurre sobre partículas sólidas en medios fijos. Es un fenómeno superficial y por lo tanto cuanto mayor es la superficie del medio mayor es la capacidad de acumular material.

El arsénico puede ser adsorbido en la superficie de varios adsorbentes. Estos pueden ser:

- Medios especiales basados en alúmina activada
- Medios especiales basados en adsorbentes con hierro y otros óxidos
- Otros medios: Bauxita, hematita, feldespato, laterita, minerales arcillosos (bentonita, caolinita, etc.), carbón de hueso, material celulósico, etc.

Los sistemas de adsorción incluyen además del correspondiente filtro con cuadro de válvulas de maniobra, los sistemas de pretratamiento (oxidación, ajuste de pH, etc.) y postratamiento (desinfección, ajuste final de pH, etc.).

En los casos que sean necesarios se agrega el sistema de regeneración y tratamiento de efluentes de contralavado.

Tecnología de Intercambio iónico

El intercambio iónico es el proceso fisicoquímico de intercambio reversible de iones entre fase líquida y sólida donde no hay un cambio permanente en la estructura del sólido. La solución se pasa a través del lecho hasta que se satura y comienza la fuga de contaminantes. En ese momento la resina (fase sólida) se reactiva con una solución de regenerante que lleva los contaminantes retenidos para disposición como efluente líquido. Las resinas de intercambio iónico se basan en la utilización de una matriz polimérica de enlace cruzado. Los grupos funcionales cargados se adhieren a la matriz a través de enlaces covalentes que pueden clasificarse en: ácidos fuertes, ácidos débiles, bases fuertes y bases débiles.

Existen resinas de intercambio iónico básicas fuertes para remoción de arsénico en forma ionizada. Las resinas sulfato selectivas convencionales son las más utilizadas para remoción de arseniatos. Las resinas nitrato selectivas también remueven arsenitos. Las tecnologías más modernas de intercambio iónico son las de lecho empacado con regeneración en contracorriente, que minimizan el exceso de regenerante y aumentan la eficiencia de cada regeneración. Los nuevos desarrollos tienden a buscar resinas cada vez más específicas pero se debe prestar mucha atención a las fugas que puedan ocurrir y la disposición del efluente de regeneración y de la resina.

Un sistema de intercambio iónico involucra el siguiente equipamiento: Columna de intercambio (que contiene la resina y el correspondiente cuadro de válvulas de maniobras), sistema de regeneración y efluentes. Estos sistemas pueden ser automatizados mediante un Controlador Lógico Programable (PLC).

Poblaciones sin sistema de distribución de agua por red

A veces para la población es difícil creer que un agua que tiene aspecto cristalino, sabor y olor correcto, puede no ser segura. Sin embargo la realidad es que muchos pozos privados de ciertas regiones de Argentina, tienen agua con alto contenido de arsénico.

La tecnología del tratamiento así como el lugar de aplicación del mismo, dependen fundamentalmente del resultado del análisis del agua. Puede ocurrir que para aplicar una tecnología que permite reducir un contaminante, por ejemplo nitrato, sea conveniente realizar previamente otro proceso, como por ejemplo disminuir la dureza del agua empleando un ablandador.

Existen dos modos de operación dependiendo del lugar donde se ubique el dispositivo:

Sistema de Punto de Entrada (POE, siglas de Point-of-Entry): Tratan el agua a la entrada de la vivienda, lo que implica que toda el agua que allí se utiliza, (cualquiera sea su uso), está tratada. En aquellos lugares con medidor de agua, el dispositivo suele instalarse justo después del medidor. Ejemplo de este sistema son los dispositivos ablandadores de agua.

Sistema de Punto de Uso (POU, siglas de Point-of-Use): estos sistemas típicamente tratan el agua en batch y la sirven por una única canilla auxiliar que es ubicada sobre la pileta de la cocina. Otros dispositivos incluyen el dispensador de agua. Este tipo es el más usado en domicilios particulares, cuando se quiere eliminar contaminantes, por ejemplo: arsénico, nitratos, y otros.



Sistemas comerciales domiciliarios colocados en bajo mesada de cocina (POU). El agua tratada es dispensada por una canilla auxiliar.



Posibles tecnologías a emplear cuando la vivienda tiene energía eléctrica

Los dispositivos comerciales existentes, y que son aptos para la eliminación de muchas especies químicas contaminantes, emplean mayoritariamente ósmosis inversa, destilación, columnas de adsorción y resinas de intercambio iónico.

Dependiendo de las características del agua a tratar y la cantidad, será el diseño y tipo de dispositivo que deberá instalarse. El propietario de la perforación deberá seleccionar fabricantes de dispositivos que puedan demostrar su correcto desempeño. La tecnología sobre la cual se diseñan estos equipos deberá estar aprobada por el Ministerio de Salud. Después de la instalación del dispositivo seleccionado, el propietario deberá analizar periódicamente el agua obtenida para asegurarse que el arsénico está siendo removido.

Ósmosis Inversa

Ventajas:

- Puede remover más del 95% del arsénico.
- Si hay otros contaminantes también puede removerlos, ejemplo: nitratos y sólidos totales disueltos.
- Hay fabricantes que los producen con gran calidad.
- Son equipos compactos y automatizados.

Desventajas:

- Se debe operar con caudales grandes de agua cruda debido a la baja recuperación de agua.
- Queda un residuo de agua concentrada en sales y contaminantes.
- Tiene eficiencia menor para remover As (III) con respecto al As (V).
- Mayor costo de capital y mantenimiento.



Dispositivos domiciliarios de ósmosis inversa

Destilación

En este sistema el agua se calienta hasta su punto de ebullición y luego el vapor de agua es colectado como su condensado, dejando muchos de sus contaminantes atrás, particularmente los metales pesados. Algunos contaminantes que se convierten fácilmente en gases, como los compuestos orgánicos volátiles, pueden ser llevados junto con el vapor de agua.

Ventajas:

- Equipo automatizado y fácil de usar.
- No requiere mantenimiento complejo.

Desventajas:

- Consume energía eléctrica. (Se están desarrollando equipos solares).
- No se emplea para el tratamiento de grandes volúmenes de agua.



Destilador domiciliario comercial de los EEUU

Adsorción e intercambio iónico

Los adsorbentes más usados son alúmina activada y adsorbentes con base hierro. Las ventajas de estos dispositivos son: simple operación, poco mantenimiento, menor costo (dependiendo de frecuencia de cambio del cartucho adsorbente) que otras tecnologías. Algunos equipos comerciales cuentan con un medidor de flujo que corta automáticamente la entrada de agua cuando se llega al volumen máximo permitido para el cartucho.

Las columnas de intercambio iónico que se emplean para remover arsénico son típicamente resinas base-fuerte, en forma cloruro o hidróxido. El anión arseniato presente en el agua es intercambiado por el cloruro o grupo hidroxilo de la resina, pues se retiene más fuertemente. Si el agua contiene hierro, más

de 500 mg/L de sólidos totales disueltos, más de 50 mg/L de sulfato o altos niveles de nitrato, el intercambio iónico no es el mejor tratamiento para eliminar el arsénico. El arsénico combinado con hierro puede pasar a través de la columna, tanto los sulfatos como los nitratos compiten con el arsénico y pueden desplazarlo de la resina, con lo que el arsénico pasaría sin tratamiento a través de ésta.

El costo de estos dispositivos que emplean columnas de intercambio iónico, calculados por su precio en el mercado más el mantenimiento, cambio de cartucho, y costos de análisis para su control; es aproximadamente de 4 a 5 veces superior a los de columnas adsorbentes.

Ventajas:

- Eficiencias del 95% para As (V).

Desventajas:

- Con alúmina activada como adsorbedor, compiten con la remoción de arsénico los sulfatos y cloruros.
- Con alúmina activada se requiere ajuste de pH.
- Con alúmina activada hay problemas de regeneración.
- En resina de intercambio iónico compiten con el arsénico los sulfatos, sólidos totales disueltos, selenio, fluoruros y nitratos.
- Sólidos suspendidos y precipitados de hierro alteran el pasaje del agua, puede haber obturación del medio.

Dispositivo Rural diseñado en INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) – Química

El dispositivo emplea la tecnología de coagulación/filtración. Posee una bomba para introducir el agua a tratar, (en caso que sea necesario), y un agitador eléctrico.

Modo de funcionamiento: Se alimenta el equipo con el agua a tratar. Se agregan los reactivos. Se agita mecánicamente durante un minuto. Se deja en reposo durante una hora. Se filtra por gravedad y se obtiene agua segura para consumo humano.

Capacidad del sistema: 35 litros de agua tratada

Tiempo de proceso: aproximadamente 70 minutos.

Posibles tecnologías a emplear cuando la vivienda carece de energía eléctrica

Todos los dispositivos comerciales requieren de energía eléctrica para su operación.

La falta de este suministro complica la resolución del problema del tratamiento de agua con arsénico en sistemas de flujo. Las posibles tecnologías a aplicar se reducen ampliamente. Sin embargo, también hay que tener en cuenta, que esta carencia está relacionada con la situación sociocultural de las poblaciones.

Existen prototipos realizados por universidades o instituciones públicas que pueden emplearse aún con ausencia de electricidad.

INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) ha desarrollado un dispositivo económico que puede funcionar con y sin electricidad. Emplea la tecnología de coagulación/filtración optimizada a una determinada calidad de agua, con una etapa previa de oxidación.

Breve detalle del funcionamiento: el equipo se alimenta manualmente con el agua a tratar. Se agregan los reactivos. Se agita manualmente durante un minuto, se deja en reposo una hora. Se filtra y se obtiene agua tratada para consumo humano. La capacidad del sistema permite producir 35 litros de agua tratada, en 90 minutos que es el tiempo de duración del proceso en batch.

Ventajas del sistema:

- Es sencillo de operar
- No necesita energía eléctrica para funcionar
- El principio de funcionamiento está aprobado por los organismos de control
- Aplicado al agua subterránea de la localidad de Lobos, Buenos Aires, y utilizando como coagulante cloruro férrico, el dispositivo permite obtener agua tratada con niveles de arsénico por debajo de 0,010 mg/L (10 ppb).
- Asegura un nivel bacteriológico del agua tratada apto para consumo
- Bajo costo de inversión y mantenimiento
- Simplicidad de los procedimientos de mantenimiento

Desventajas del sistema:

- Su eficiencia depende de las características físico-químicas del agua a tratar
- Se genera un residuo que es necesario disponer
- Al igual que con todos los dispositivos domiciliarios es necesario realizar controles periódicos al agua producto para evaluar que la eficiencia y el modo de operación del sistema son correctos.



Prototipo del dispositivo realizado en INTI-Química

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 es 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.



El Termómetro es un instrumento que mide con precisión la temperatura de los cuerpos. Posee un depósito de mercurio y un tubo por el que asciende el líquido al dilatarse.

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.

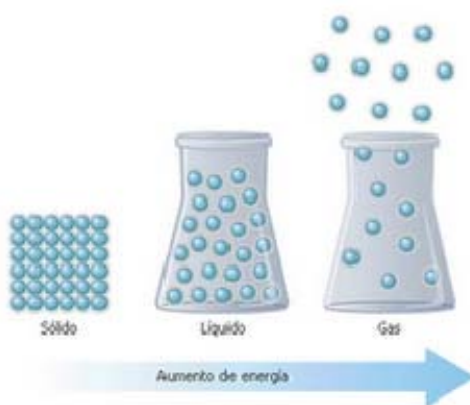
Fuerza de atracción (F_a): Que nos permite la cohesión y el ordenamiento de las moléculas.

Fuerza de repulsión (F_r): 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.



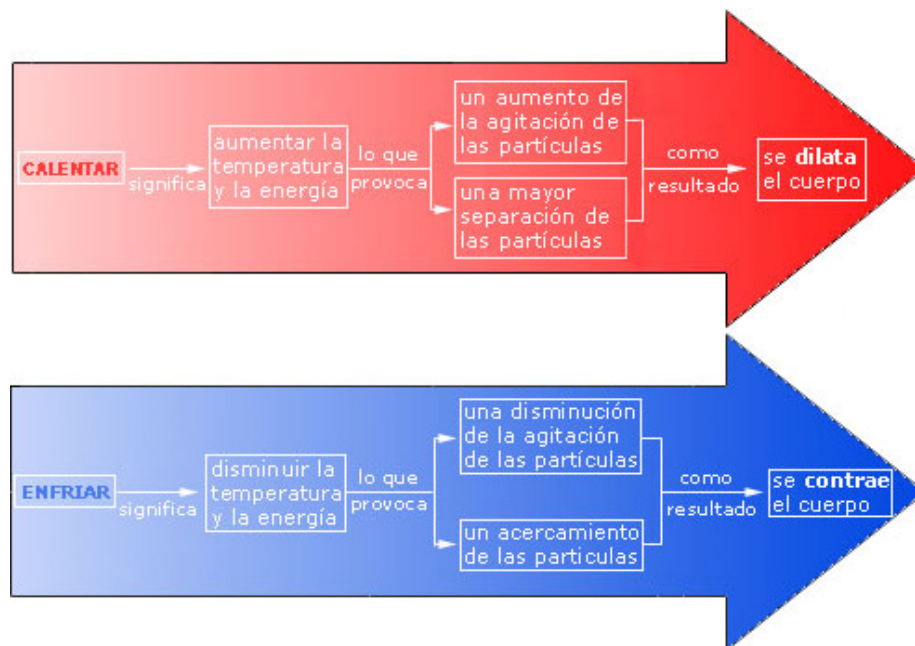
Gas

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.

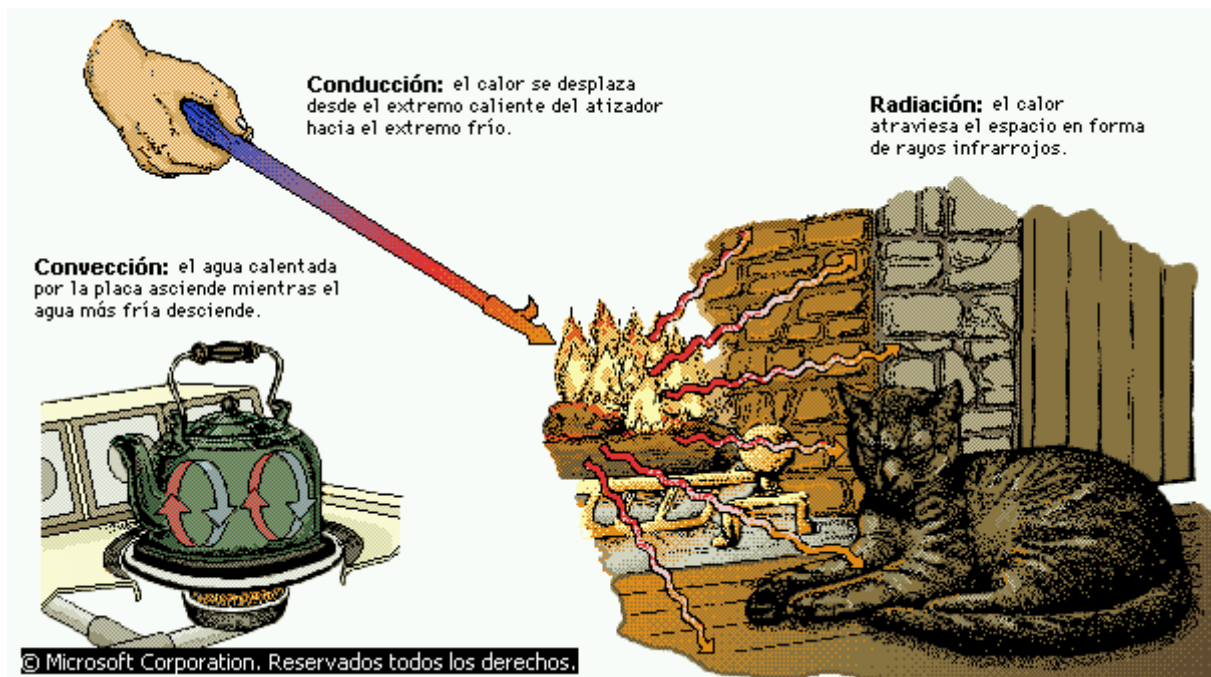
Existen tres maneras en las que la energía térmica se propaga de unos cuerpos a otros: **conducción**, **convección** y **radiación**.

- **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 losas 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.

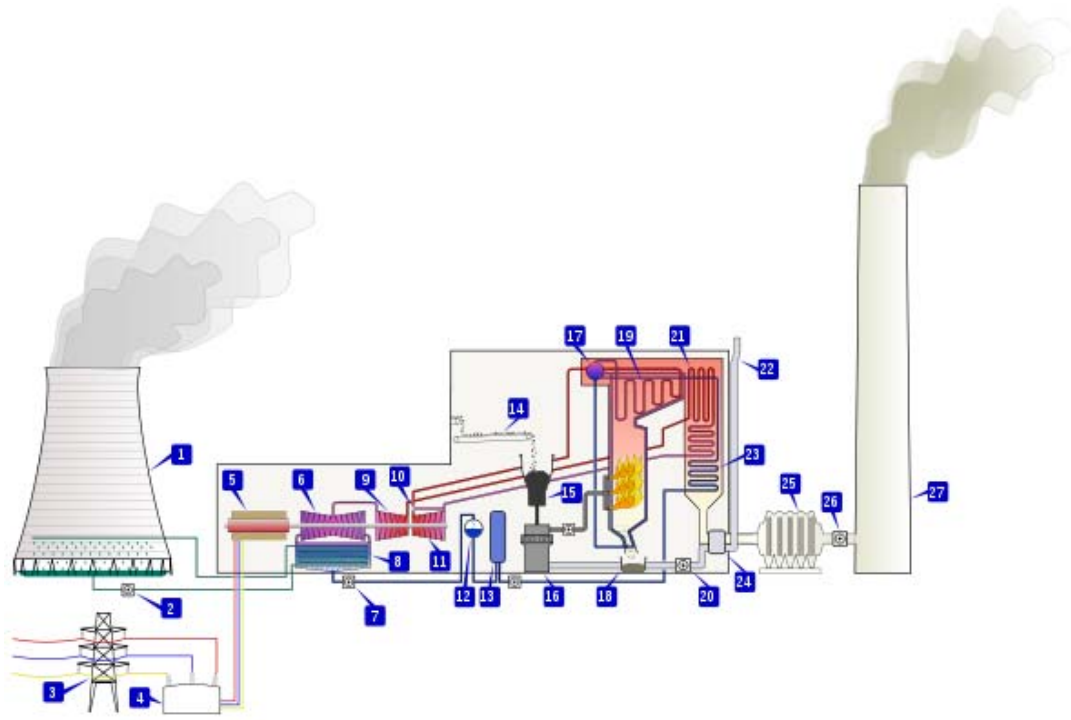
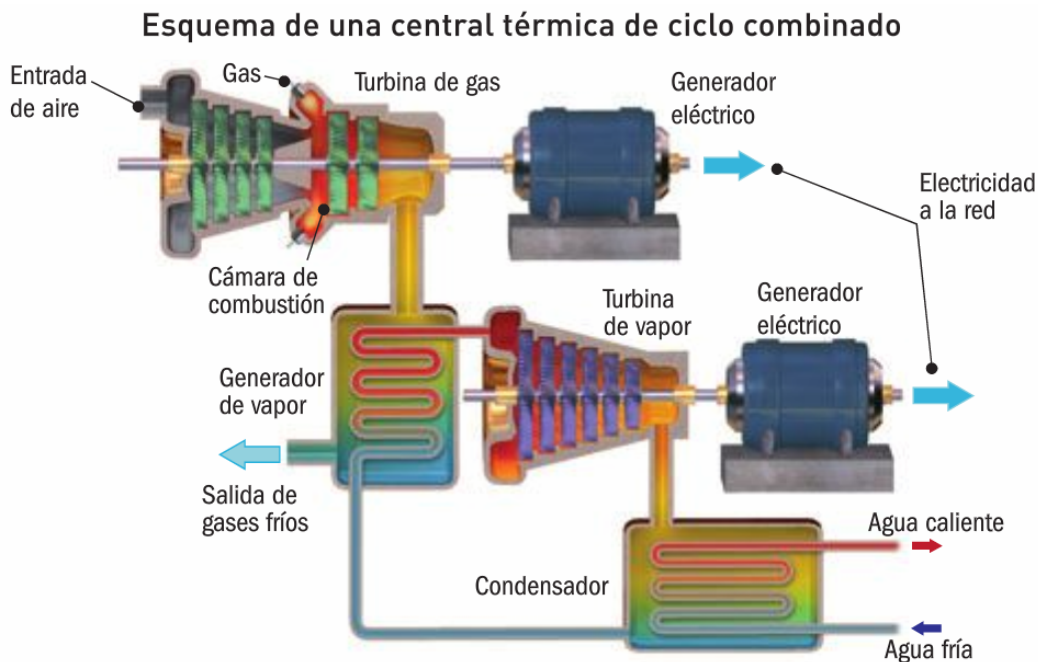


Diagrama de una central térmica de carbón de ciclo convencional

- | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 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



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.

BIBLIOGRAFÍA

- *EPIDEMIOLOGÍA DEL HIDROARSENICISMO CRÓNICO REGIONAL ENDÉMICO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. Estudio colaborativo multicéntrico. Conarpi (Ministerio de Salud de la Nación), Unidad de investigación y desarrollo ambiental (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación), y Asociación Toxicológica Argentina.*
- *INTI –QUÍMICA – Centro de Investigación y desarrollo en química – Modelo de intervención para el abatimiento de arsénico en aguas de consumo. Informe Mayo 2009.*
- *XXVI CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL: Abatimiento de Arsénico en Aguas Subterráneas para zonas Rurales, María Luisa de Esparza y María Wong de Medina (Noviembre 1998)*
- *SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN: Contenidos didácticos.*
- *El recorrido de la energía (Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid)*
- *Librosvivos.net (El calor y la temperatura)*