

RESUMEN

El hielo es básicamente agua en estado sólido. Es incoloro, transparente y cristaliza en el sistema hexagonal.

El paso de la luz del Sol o de la Luna a través de estos prismas hexagonales da lugar a los curiosos fenómenos del *halo* que veremos más adelante.

En el apartado teórico veremos más a fondo las propiedades físicas y químicas hielo y sus aplicaciones fundamentales.

La expansión del agua al solidificarse tiene efectos geológicos importantes. El agua que se introduce en las grietas produce la erosión de las rocas.

El hielo procedente de las aguas pluviales o de la aglomeración de la nieve forma las nieves perpetuas y los glaciares o *ventisqueros* que detallaremos más adelante. Estas propiedades de solidificación del agua explican la forma en que se congelan las masas de agua al aire libre.

En definitiva trataremos de exponer tanto la estructura del hielo como sus características externas e internas así como algunas curiosidades como por qué se puede patinar sobre el hielo

INTRODUCCIÓN

Elemento. La palabra elemento parece significar que tales sustancias serán los constituyentes elementales de la materia. Las primeras ideas a este respecto se remontan a antigua Grecia. Ya en el S. VI a. d C., Tales de Mileto sostuvo la creencia de que todas las sustancias no eran sino aspectos diferentes de una sola materia básica, que él asoció al agua. Años más tarde, Empédocles de Agrigento estableció la existencia de cuatro elementos básicos: el aire, el agua, la tierra y el fuego, que servían de soporte a cuatro cualidades también básicas: calor, humedad, frío y sequedad. Según Empédocles, el aire era caliente y húmedo, el fuego, caliente y seco, el agua, fría y húmeda y la tierra, fría y seca. Esta teoría de los cuatro elementos fue aceptada un siglo más tarde por Aristóteles, el cual añadió a la lista un quinto elemento, el éter, constituyente del cielo. Muchos años después (S. XVIII) Lavoisier comprobó que el agua era meramente la unión de átomos de hidrógeno y oxígeno.

El hielo básicamente está constituido por agua, aunque también ciertas formas congeladas de otras sustancias, como el dióxido de carbono, se conocen con el nombre de hielo. El agua es básica para cualquier ser vivo de la tierra, sin olvidar que cerca de un 70 % de nuestro cuerpo está constituido por agua y sin ella seríamos incapaces de seguir con vida porque nuestros recursos alimenticios se basan también en ella.

El agua es incolora, inodora e insípida generalmente puesto que según con qué elemento o compuesto se disuelva, tendrá una u otra forma siendo el mayor disolvente conocido y la podemos encontrar en cualquiera de los tres estados de agregación de la materia, ya sea líquida, gaseosa o sólida.

CAMPO TEÓRICO

Propiedades químicas:

Las propiedades del agua obedecen a que comparada con otros líquidos posee puntos de fusión y ebullición, calor específico y tensión superficial más elevadas. Esto es debido a que en el agua las fuerzas de atracción

entre sus moléculas constituyentes, hidrógeno y oxígeno, son relativamente elevadas, de tal manera que dado su bajo peso molecular debería ser un gas a la temperatura ambiente y, sin embargo, se encuentra en estado sólido. La estructura de la molécula formada por dos átomos de H y uno de O, al unirse difieren en 104.5°.

La razón por la cuál las moléculas de agua mantienen esta cohesión interna se debe a que tienen polaridad eléctrica, es decir, que el átomo de oxígeno posee una pequeña carga parcial negativa libre, mientras que los átomos de hidrógeno la poseen positiva (Fig. 1). Esto ocurre porque el átomo de oxígeno tiende a atraer los electrones del átomo de hidrógeno, con lo cual este último adquiere una cierta carga positiva, mientras que el primero se carga negativamente.

Esta polaridad eléctrica de molécula de agua permite que varias de ellas se unan por la fuerza de atracción mutua entre el oxígeno negativo y los hidrógenos positivos; este fenómeno se denomina puentes de hidrógeno y según estudios recientes se cree que se agrupan formando pequeños grupos de tres a 10 moléculas (polímeros) que coexisten con moléculas libres (Fig. 2)



Fig. 1 Fig. 2

Las uniones electrostáticas entre las moléculas de agua para formar polímeros, es decir, los puentes de hidrógeno, son mucho más débiles que los enlaces covalentes, por eso se forman y se rompen más rápidamente que estos últimos.

El hecho de que el agua sea el *disolvente universal*, es debido a la naturaleza bipolar de sus moléculas. Así, las sales minerales y otros compuestos iónicos se disuelven con facilidad en el agua gracias a las fuertes atracciones electrostáticas entre los dipolos y los iones de dichas sales, lo que da lugar a que alrededor de cada ion se forme una nube de moléculas de agua que lo aísla del de signo contrario.

Si ahora hablamos del hielo, la cosa cambia adoptando la siguiente disposición en el espacio: poseyendo una estructura tetraédrica y estando unida a otras cuatro moléculas vecinas y a su vez generando una estructura tridimensional abierta. En esta posición, la distancia media O-O es de 0.276 nm., la distancia entre átomos H-H es de 0.177 nm. Y el ángulo H-O-H es de 109.28° que distan 0.96 Å. Con estas características podemos considerar que la molécula de hielo participa del enlace covalente, con cierta participación del iónico debido a la diferencia de electronegatividad entre los átomos que la forman.

Por esta causa de espacio, el hielo es menos denso que el agua líquida, ya que esta, al estar empaquetada ocupa menor volumen mientras que en la del hielo al ser abierta, ocurre el caso contrario.

Propiedades físicas:

Presión de Vapor en los Sólidos

Todas las partículas del sólido poseen energía de vibración, siendo constante el valor medio para todas ellas; pero algunas, situadas en la superficie, pueden en un momento determinado adquirir una energía superior a la media, que sea suficiente para vencer las fuerzas atractivas de las demás y escaparse del sólido en forma de vapor: se dice que el sólido se sublima.

Si el sólido, en nuestro caso el hielo, se encuentra en un recipiente cerrado, las moléculas de vapor, como consecuencia de su movimiento desordenado, chocan contra la superficie libre del sólido, y las más lentas serán retenidas por el hielo, pasando de nuevo a fase sólida (sublimación regresiva). En el momento en que ambas velocidades de sublimación sean iguales se alcanza un estado de equilibrio-dinámico, en el que las

moléculas en fase gaseosa ejercen una determinada presión, llamada presión de vapor del sólido, que depende, no sólo de la naturaleza, sino también de la temperatura, creciendo su valor a medida que esta aumenta. Si el sólido estuviera libre, las moléculas se difundirían en la atmósfera; esto es lo que ocurre en las altas montañas nevadas, incluso en invierno a temperaturas muy inferiores a 0° C.

No olvidemos distinguir entre **temperatura de evaporación** (equivalente a sublimación en sólidos) con **temperatura de ebullición**; ésta última es la temperatura a la cual la presión de vapor iguala a la presión exterior. Al alcanzar esta temperatura se forman burbujas, no sólo en la superficie, sino que también en toda la masa del líquido y se dice que el líquido hierve y el fenómeno se conoce como ebullición. Por tanto, un ejemplo práctico sería hervir un huevo en altas montañas, tardando menos que en casa porque la presión es menor y se iguala antes con la de vapor.

La presión de vapor para el agua a 20° C es de 17.54 mm. de Hg.

Densidad

Está claro que una propiedad importante del hielo es que se expande al solidificarse. A 0° C tiene una densidad relativa de 0,9168 g/cm³ comparada con la densidad 0,9998 g/cm³ del agua a la misma temperatura. El fenómeno es comentado en el punto anterior y resumiendo hay que decir que se basa principalmente en la geometría molecular más abierta del hielo (109.28° frente a 104.5°) ocupando un mayor espacio **con un mismo peso**. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4° C, que es de 1g/cc.

Conductividad Eléctrica y Térmica

El agua absolutamente pura se dice que no es conductora de la electricidad, aunque medidas muy precisas ponen de manifiesto que incluso el agua bidestilada recogida en un recipiente de platino presenta una pequeña conductividad, reveladora de la presencia de iones.

La conductividad térmica del agua aumenta ligeramente con la temperatura a presión constante, en el intervalo que define su punto de fusión y el de ebullición (0° C y 100° C). Por otro lado la conductividad térmica del hielo a 0° C es cuádruple a la del agua a la misma temperatura pero líquida. La variación de la conductividad del agua no es lineal, presentando un máximo en 130° C.

Capacidad Calorífica.

Definimos a ésta como la cantidad de calor medida en calorías, que hay que comunicar a un cuerpo para elevar su temperatura 1° C. Ésta, es superior a la de cualquier otro líquido o sólido, siendo su calor específico de 1 cal/g esto significa que una masa de agua puede absorber o desprender grandes cantidades de calor, sin experimentar apenas cambios de temperatura, lo que tiene gran influencia en el clima (las grandes masas de agua de los océanos tardan más tiempo en calentarse y enfriarse que el suelo terrestre).

Plasticidad del hielo.

Antiguamente se creía que un glaciar avanzaba en masa resbalando por su propio peso sobre el plano inclinado de su cauce; si esto fuera así, el glaciar no se adaptaría perfectamente como lo hace a todas las sinuosidades y accidentes de su lecho; sus movimientos se explican porque el hielo es una sustancia plástica que se amolda bajo la presión como si de cera se tratase. Se comprueba experimentalmente cogiendo una barra sostenida por sus extremos y se ve como se dobla por su propio peso sin que deje de ser compacto y sin originarse grieta en su masa; si cogemos un cilindro de hielo y lo ponemos sobre un bloque de la misma sustancia el primero se hunde sobre el segundo. Es de advertir que esta plasticidad de hielo aumenta cuando la temperatura es de 1 a 5° C.

Tensión superficial.

Las moléculas de la capa superficial del agua son objeto de las fuerzas de cohesión, cuya resultante no nula es normal a la superficie y está dirigida hacia el interior; así la acción del líquido sobre su superficie es la de arrastrar las moléculas de la superficie hacia el interior; en una palabra, tiende a reducir la extensión de la capa superficial.

El agua tiene una alta tensión superficial. Esta es mayor que la de un líquido meloso como el glicerol. La tensión superficial tiende a generar burbujas y gotas esféricas, y es lo suficientemente fuerte para soportar objetos livianos, incluyendo algunos insectos (como las arañas de agua). Aún más importante, esto significa que compuestos biológicos pueden ser concentrados cerca de la superficie, acelerando muchas de las reacciones importantes de la vida. El caso contrario podemos observarlo cuando introducimos una cuba en agua boca abajo y la intentamos sacar; la retención del cubo es debida a la fuerte tensión superficial del fluido.

Punto de fusión

A una presión atmosférica de 1 atm. (760 mm de mercurio), el punto de fusión del agua pura es de 0.0074°C y el punto de ebullición es de 100°C ; El punto de fusión del hielo es de 0.0000°C , pero el hielo sólo se formará a esta temperatura si el agua está turbia o contaminada con polvo u otros objetos. Así, a presiones más altas, sin embargo, se forman varias modificaciones alotrópicas o alótropos (diferentes formas de un elemento existentes en el mismo estado físico) del hielo. Así a -10°C de hielo normal (I) pasamos a hielo V (4400 atm.) o a hielo VI (6300 atm.); A -30°C se forma el hielo III (2200 atm.), hielo II (3000 atm.) y los hielos V y VI (de presión un tanto más elevada). Así el **agua salada** se hiela a temperatura más baja que la dulce.

Ahora bien, el cambio de hielo a agua supone una absorción de energía por parte del sólido para fundirse, mientras que la congelación implicará el proceso inverso. De este modo, se denomina *calor latente de fusión* al absorbido en el paso de 1 g. De hielo a agua líquida a temperatura y presión constantes, teniendo un valor aproximado de 79.8 cal g⁻¹.

Diagrama de Fases

Si en un mismo sistema de ejes coordenados presión-temperatura representamos, para una sustancia determinada, la presión de vapor del sólido y del líquido en función de la temperatura y, además la variación de la temperatura de fusión con la presión, obtenemos un único diagrama, que recibe el nombre de *diagrama de fases*. En la Fig. 3 vemos el correspondiente al agua. En él, las curvas representan las condiciones del sistema. Así la línea AO (Curva de sublimación) representa la presión de vapor del sólido en función de la temperatura (equilibrio sólido-gas), la OB la presión de vapor del líquido en función de la temperatura (equilibrio líquido-gas) y la OC la variación de la temperatura de fusión con la presión (equilibrio sólido-líquido).

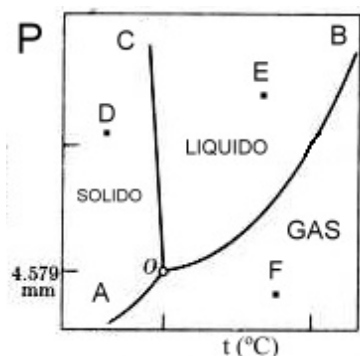


Fig. 3

En las regiones delimitadas por las curvas de equilibrio sólo puede existir una fase. Así, en los puntos D, E y F sólo se pueden existir hielo, agua líquida y vapor de agua, respectivamente.

Las tres curvas de equilibrio se cortan en un punto, O, denominado **punto triple**, que es el único en que pueden coexistir en equilibrio las tres fases. Para el agua el punto triple corresponde a 4.58 mm. de Hg. de presión y 0.0098° C de temperatura.

Las condiciones de un sistema (presión y temperatura) que se pueden modificar libremente se llaman **grados de libertad**, L. Acabamos de mencionar que en el punto triple existen tres fases en equilibrio (sólido, líquido y gas) y no hay condición alguna modificable; por ello, el punto triple $L = 0$. En las curvas de equilibrio coexisten dos fases y sólo hay una condición que se pueda modificar libremente ($L = 1$), ya que si variamos la temperatura la presión tendrá que adquirir necesariamente el valor correspondiente. Por último, en las regiones donde hay una sola fase, la presión y la temperatura se pueden modificar libremente ($L = 2$), dentro de ciertos límites impuestos por las curvas de equilibrio. Todas estas consideraciones sirven como ejemplo práctico de la llamada **regla de las fases** para sistemas heterogéneos en equilibrio, enunciada en 1876 por el físico americano Josiah Williard Gibbs (1839–1903):

En todo sistema heterogéneo en equilibrio el número de fases (F) más el número de grados de libertad del sistema (L) es igual al número de componentes (C) más 2: $F + L = C + 2$

Al calentar un sólido fundirá si la presión es mayor que la del punto triple y sublimará si es menor. En el caso de que la presión correspondiente al punto triple sea mayor de 1 atm., la fase no es estable en las condiciones ordinarias y al calentar el sólido se sublima, sin fundir. Esto también le sucede al dióxido de carbono; si en estado sólido y a una muy baja temperatura (nieve carbónica) lo calentamos a la presión de 1 atm., al alcanzar la temperatura de -78°C se sublima, sin pasar por la fase líquida. Y lo mismo le sucede al hielo si se calienta a presión inferior a 4.6 mm. de Hg.

FENÓMENOS

COTIDIANOS

DEL HIELO

VENTISQUEROS

Los ventisqueros son amontonamientos más o menos extensos de hielo en movimientos que se encuentran en la tierra firme a altas altitudes o bajo latitudes elevadas. Según estas condiciones podemos encontrar los siguientes tipos: Escandinavo, Alpino, Pirenaico, de pie de monte, regenerado, de circo...

Su formación es debida al efecto de las continuas nevadas, en la región de las nieves perpetuas, en los valles superiores de las cordilleras muy elevados; a medida que cae la nieve la presión que ejercen las capas superiores sobre las inferiores hace que estas se conglomeren, convirtiéndose sus copos, antes sueltos y esponjosos, en una masa especial de grano grueso, intermedio entre la nieve y el hielo; para formase éste, **es preciso que se amontone la nieve en gran cantidad**; por eso los ventisqueros propiamente dichos sólo puede existir en aquellos valles muy altos cuya configuración se presta a que en ellos se almacenen grandes masas de nieve.

Origen y Caracteres Físicos de los Ventisqueros

La nieve que cae durante toda la estación en las altitudes de los macizos montañosos más elevados resbala en

las pendientes en forma de aludes y se acumula en las depresiones, donde se apila por su propio peso y constituye entonces el *névé*. A merced de una fusión superficial sufre transformaciones profundas. Es así como toma origen el *hielo globuloso*; luego, las burbujas de aire, escapándose por fisuras, hacen que el hielo se vuelva mucho más homogéneo y más transparente: es el hielo del ventisquero; es azul, mientras que el del *névé* es blanco.

La estructura es muy notable y difiere esencialmente de casi todos los hielo que resultan de la congelación directa del agua. Se compone de granos muy irregulares, pero muy redondeados, de dimensiones variables, de los cuales a cada uno corresponde un cristal único. La orientación óptica de cada grano es diferente, mientras que en el hielo formado en la superficie de un lago tranquilo, los cristales están todos orientados según una misma dirección, siendo sus ejes ópticos perpendiculares a la superficie del agua. Los granos son mucho más gruesos en la extremidad inferior del ventisquero que en su origen; alcanzan las dimensiones de un huevo de paloma, mientras que en el *névé* apenas tienen el grosor de un guisante. La conclusión que se impone es que cada cristal se alinea, crece por asimilación del agua del deshielo que circula entre los intersticios, o por reunión de dos o varios individuos próximos, absorbiendo los granos gruesos a los pequeños, teniendo que ser necesarios poseer la misma orientación óptica.

LOS HALOS

Es un fenómeno óptico de los más interesantes de la atmósfera, y consiste en una serie regular de curvas luminosas que aparecen alrededor del Sol y de la Luna estando el cielo más o menos velado por nubes altas de la familia de los cirros o cirrostratos. Los halos lunares son más fáciles de observar que los producidos por el sol, pues la luz viva de éste astro impide la visión del fenómeno siendo necesario, para observarlo, ocultar los rayos solares directos por medio de una pantalla o bien mirar al cielo a través de un vidrio coloreado un poco oscuro o por reflexión sobre la superficie de las aguas tranquilas.



Cirros Cirroestratos

Los halos son producidos por reflexión y refracción de la luz sobre las caras de los pequeños cristales que forman las nubes anteriormente mencionadas, y serán, por tanto, más frecuentes hacia las latitudes polares donde las nubes formadas por cristales de hielo se hallan con facilidad aún a bajas altitudes; en las latitudes medias puede observarse también varias veces en el transcurso del año.

Las curvas luminosas que constituyen los halos nunca se presentan todas simultáneamente, ni éstas aparecen completas, pues lo corriente es observar trozos aislados más o menos extensos.

Los cristales de hielo constituyentes de las nubes que forman el halo pertenecen al tipo hexagonal y generalmente están formados por prismas rectos de base hexagonal, con ángulos diedros laterales de 120° y se presentan de 2 tipos diferentes:

- Una forma muy alargada constituyendo verdaderas agujas de hielo
- De muy poca altura con relación a las aristas de la base, presentando la forma de tabletas hexagonales.

Estos cristales están muchas veces orientados de cualquier manera según todas direcciones, pero otras, a causa de la caída vertical, tienden a orientarse según la dirección de la mínima resistencia al aire, es decir, verticales las agujas y de canto vertical las tabletas o cristales de poca altura.

Un rayo de luz que atraviese el cristal puede hacerlo pasando por dos caras opuestas, en cuyo caso, por ser estas paralelas, no tendrán desviación angular. El rayo luminoso que entra por una cara lateral [1] no puede salir por la contigua, pues dado el índice de refracción del hielo un rayo luminoso no puede atravesar el ángulo de 120° que forman dichas caras. Queda por discutir el paso de los rayos a través de dos caras laterales separados por una tercera [2], las cuales forman un diedro de 60° y el paso de un rayo que entra por la base y sale por una cara lateral o viceversa, atravesando así un prisma de 90° . Los primeros es fácil de calcular que tienen un ángulo de mínima desviación aproximadamente de 22° , el cual varía algo con el color de la luz; para los segundos, éste ángulo es de 46° .

El primer halo [1] tiene la coloración típica del arco iris, pero con el orden de los colores invertidos. Es decir, rojizo por el interior y púrpura por el exterior. Muchas veces cuesta distinguir esta gradación cromática. En cambio, el segundo arco [2] (el de 46 grados) mantiene el mismo orden de colores que el arco iris, con el rojo por el exterior. Acompañando a los halos pueden aparecer también los denominados fenómenos de halo, como son un arco tangente superior en el halo de 22 grados, otro arco tangente lateral (muy infrecuente) y dos parhelios (paraselenes o falsos soles, como unos soles más pequeños a la derecha e izquierda del sol. Cuando el Sol se encuentra a más de 40 grados de elevación sobre el horizonte, aparece un halo circunscrito completo, de forma elíptica y tangente al halo de 22 grados en los bordes superior e inferior.

Aquí vemos algunos fantásticos casos de halos con luz solar y lunar



Halo con arco tangente superior



Halo lunar con lente especial nocturna



Sábado día 17 de junio del 2000. Polo Sur

ENGELAMIENTO

Con fines mecánicos a nuestros estudios, trataremos el tema de la congelación en la aviación, fenómeno conocido con el nombre de **engelamiento**.

La congelación de un avión representa un grave riesgo, especialmente en los vuelos militares y comerciales. En realidad la eventualidad no se produce con mucha frecuencia, pero, cuando se presenta puede constituir un peligro muy serio.

Normalmente, un piloto experimentado que utilice todos los datos meteorológicos útiles y su propio conocimiento del terreno y el tiempo, puede evitar los riesgos de la congelación. El problema se agrava, si embargo, teniendo en cuenta que la congelación del aparato ocurre de ordinario en tiempo imprevisto. De otro modo se hubiera evitado en el vuelo la zona peligrosa. En definitiva la congelación se presenta generalmente de forma inesperada.

¿ Cómo se forma el hielo en un avión ? La formación del hielo se debe a la congelación de las gotas de agua interceptadas por los bordes delanteros de las alas y otras superficies expuestas. Dos condiciones son suficientes para ello:

- Que el avión vuele a través de agua visible en forma de lluvia o nube.
- Que la temperatura de las gotas sea por lo menos 32° F, 0° C, al chocar contra el avión.

El agua, así, sobre enfriada se halla en equilibrio inestable de modo que al ser agotada por el choque del avión se congela. Las mayores congelaciones tienen lugar cuando la temperatura del aire es de -9° a 0° C. A temperaturas más bajas lo más probable es que las nubes se compongan de cristales de hielo que no adhieren al avión.

Tipos de hielo formados: En el avión se forman dos tipos principales de hielo: el granular y el compacto. El primero (escarcha) se presenta generalmente en aires estables, como los característicos de los estratos. Forma una superficie erizada, blanca u opaca-lechosa, compuesta de gotitas de agua sobre él enfriadas. La escarcha se deposita en los bordes delanteros de las alas y la superficie de la cola, conos de hélices, hélices y fuselaje, a veces las cabezas de los remaches y otras partes salientes del avión en roce con la corriente de aire. Esta clase de hielo en flota se forma más lentamente que la compacta y puede desprenderse fácilmente por cualquier procedimiento.

La compacta adopta la forma de un revestimiento de hielo transparente o translúcido con aspecto superficial de vidrio. Se trata de un hielo idéntico al que se forma en los árboles, parabrisas de automóviles, etc..., con ocasión de lluvias heladas. Generalmente aparece en las zonas de aire inestable características de los cúmulos y se forma cuando las gotas, relativamente grandes, chocan con el ala a temperatura ligeramente inferiores a las de congelación y salpican el avión sobre el que cristalizan. Este hielo tiende a adaptarse a la configuración de la superficie en que se depositan, constituyendo una especie de caparazón continuos, a veces difícil de percibir. Se forma rápidamente desde los bordes principales hacia atrás y resulta difícil de desprender.

Peligros: El peso adicional no es el mayor peligro que este hielo representa para el avión. Más importante es la reducción de la capacidad aerodinámica del avión, que se manifiesta de tres modos:

- Disminución de la eficacia de las hélices
- Disminución de altura, por mengua del aerodinamismo del aparato y consiguiente formación de remolinos a su paso
- Aumento de roce en el avance por las mismas razones.

Este hielo dificulta asimismo el manejo y control del aparato. Algunos instrumentos de vuelo dan indicaciones erróneas o fallan enteramente. Pero quizás el peligro más grave consiste en la disminución de la capacidad propulsora del avión.

Congelación del carburador

Obedece habitualmente a causas distintas a las que provocan la formación del hielo exterior. En la válvula del carburador puede producirse fácilmente la congelación por el enfriamiento subsiguiente a la disminución de presión provocada por la corriente de Venturi a su paso por las partes estrechas y al efecto refrigerante producido por la rápida evaporación de la gasolina en la corriente de aire. El hielo se forma habitualmente en el compresor de sobrecarga y en la válvula de paso tipo mariposa hasta interceptar el paso del aire. En determinadas circunstancias, la congelación del carburador puede producirse a temperaturas de hasta 26° C aunque habitualmente solo ocurre entre los -6° y 18° C en presencia de humedad relativamente alta, lluvia o nubosidad.

La carburación en los motores de aviación ha sido sustituida en parte por la inyección de combustible de acción semejante a la de los motores diesel. Este método evita la vaporización del combustible antes de llegar a los cilindros calentados del motor.

Prevención y eliminación

Para evitar la congelación se han instalado en los aviones calzas de descongelación consistentes en cubiertas de goma flexible que encierran tubos inflables. También se utilizan anticongeladores termales y químicos.

EL POR QUÉ DEL PATINAJE

De sobra es conocido el deporte del patinaje pero no se sabe a ciencia cierta cómo y por qué se consigue este fenómeno. Intentaremos descifrarlo aunque hay varias teorías que lo avalan.

La posibilidad de efectuar el patinaje sobre el hielo, antaño se creía que era debido a que el punto de congelación del agua y, por tanto, el de fusión del hielo suelen verse rebajados por efectos de presión, a razón de 0,0074° C por cada atmósfera, lo que permite al hielo fundirse momentáneamente bajo la presión del patín. Pero este efecto es mucho menor de lo que la gente cree (cerca de 100 veces la presión normal del aire, disminuye el punto de fusión por sólo un grado centígrado), por lo que no hay manera de que este efecto pudiese ser responsable del deslizamiento sobre el hielo en patines, y mucho menos para esquiar donde la presión es mucho menor al encontrarse en las montañas.

Otras teorías creen que la verdadera razón es otra propiedad inusual consistente en que las moléculas que están sobre la superficie del hielo vibran mucho más de lo usual en un sólido, a pesar de que no se mueven alrededor. Esto le da a la superficie una característica 'semi-líquida', por ejemplo, parece líquido pero no es líquido. Esta teoría no está muy fundamentada.

En un vaso de agua lleno hasta el borde, flota un cubito de hielo. ¿Qué ocurrirá al fundirse el hielo? ¿Bajará el nivel del agua?, ¿rebasará parte del agua?, ¿no se modificará el nivel?.

El cubito de hielo flota en el agua porque el peso del mismo iguala a la fuerza que el agua realiza hacia arriba.

Según el principio de Arquímedes, la fuerza que hace el agua es igual al peso del agua desalojada por el cubito de hielo.

Se deduce que el cubito de hielo pesa lo mismo que el agua que desaloja. Por lo tanto cuando se funda, el agua resultante ocupará exactamente el hueco que dejó hielo, sin derramarse ni una sola gota.

PESCADO ... ¿ FRESCO O CONGELADO ?

Una aspecto importante a la hora de comprar alimentos congelados es fijarse en el tipo de congelación por el que ha pasado el producto para garantizar su frescura a la hora de la ingestión. Por ello a continuación trato de hacer confiar al comprador en los productos congelados. Para ello veamos brevemente los tipos de congelación que existen.

Una vez que el agua a comenzado a congelarse, la cristalización es función de la velocidad de enfriamiento, al mismo tiempo que a la difusión del agua a partir de las disoluciones que bañan la superficie de los cristales de hielo. Si la velocidad de congelación es **lenta**, los núcleos de cristalización serán muy pocos por lo que los cristales de hielo crecen ampliamente, lo que pueden provocar una rotura de las células, ya que éstas están sometidas a una presión osmótica y **pierden agua por difusión** a través de las membranas plasmáticas; en consecuencia, colapsan ya sea parcial o totalmente. Mientras que si la **velocidad de congelación es mayor**, el número de cristales aumenta y su tamaño disminuye, evitando de esta manera el gran daño en el producto.

En resumen una congelación muy lenta puede llevar a un excesivo exudado en la descongelación, mientras que una congelación rápida permite preservar la textura de ciertos productos.

JAULAS DE HIELO COMO FUENTE DE ENERGÍA

Paradójicamente, en el hielo podría encontrarse la solución al agotamiento progresivo de los combustibles fósiles. Más específicamente, en el metano atrapado en el hielo de los fondos marinos. Vayamos por partes.

El agua tiene unas propiedades muy especiales debidas a la tendencia de sus moléculas a formar enlaces de hidrógeno. Algo que quizá se resalta menos es el papel de los enlaces de hidrógeno en la estructura del hielo. En el hielo, la fortaleza de los enlaces de hidrógeno obliga al agua a adoptar una estructura abierta en la que existen huecos entre las moléculas: simplemente, aunque la distancia media entre moléculas es mayor en estas disposiciones, la orientación relativa de las mismas es la más adecuada para que las interacciones O-H...O sean intensas.

La estructura abierta del hielo es la responsable de una de las características más curiosas del agua: el hielo se comprime al fundirse. La razón es bien simple si hacemos la analogía del hielo con un edificio normal en el que las moléculas de agua forman las paredes y los huecos son las habitaciones. En el punto de fusión, la agitación térmica colapsa la estructura del hielo, de forma que algunas de las moléculas empiezan a ocupar sus huecos: el derrumbe parcial del "edificio" disminuye su volumen.

Pero además, los huecos del hielo pueden atrapar, como si de una jaula se tratara, **diversos tipos de moléculas**. En química, estos compuestos-jaula reciben el nombre de clatratos (hidrato-clatratos cuando la jaula es de hielo). Se conocen una gran variedad de compuestos enjaulados en el hielo (por ejemplo, Ar, Kr, Xe, Cl₂, Br₂, CO₂, SO₂, CHCl₃, etc.). La condición básica es que el tamaño de la molécula y del hueco sean los apropiados. La mayoría de hidratos se pueden obtener simplemente por congelación del agua en presencia del gas dado.

En los fondos marinos de varias partes del mundo, se pueden encontrar jaulas de hielo que atrapan gas metano producido por la digestión microbiana de la materia orgánica presente en el lodo del fondo marino. Estos cristales de hielo del subsuelo marino acumulan más energía que todas las reservas mundiales de crudo juntas.

Se estima que al menos duplican el contenido en carbono encerrado en todos los depósitos de gas natural, petróleo y carbón mineral de la Tierra. Ahora bien, el poder utilizar este gas metano no es tarea sencilla. Los hidratos de metano son estables sólo a temperaturas cercanas al punto de congelación y a las altas presiones de las profundidades marinas (al menos unos 500 metros de profundidad). La perturbación de los hidratos submarinos podría liberar cantidades ingentes de metano poniendo en peligro el medio ambiente (el metano es un gas de efecto invernadero). En todo caso, no podrán aprovecharse estas enormes reservas energéticas si no se encuentran métodos de extracción que eviten el peligro de una liberación repentina y explosiva de metano.

Descubierto Hielo de Agua Superficial cerca del Polo Sur Marciano

Gracias a los datos obtenidos por la sonda Mars Odyssey se ha descubierto por primera vez agua superficial en forma de hielo expuesta a la superficie cerca del borde de la capa polar Sur marciana. La investigación ha sido llevada a cabo por el U.S. Geological Survey y publicada en la revista Science. Existen evidencias de que el hielo de agua superficial en esta región podía hallarse extendido dentro de una región de entre 800 y 9500 metros en torno a la capa polar sur.

Aunque es sabido desde hace años que existe agua en la región polar sur marciana, no se habían encontrado hasta ahora evidencias directas de ésta. Anteriormente se había detectado agua en forma de hielo en la capa polar norte de este planeta, pero esta es la primera vez que halla en el polo Sur.

Para localizarla, los investigadores han empleado imágenes tomadas por el Sistema de Imagen Térmico de la sonda Mars Odyssey (THEMIS) e información del Espectrómetro de Emisión Térmica (TES) del orbitador Mars Global Surveyor. Además, con el Espectrómetro de Rayos Gamma (GRS) de la Odyssey se ha observado que existe una cierta cantidad del hielo de agua por debajo de la superficie de la capa polar Sur.

Los primeros descubrimientos llevados a cabo con el GRS no mostraban hielo de agua expuesto a la superficie, ya que este instrumento no puede detectar esta sustancia cuando su espesor es bajo, pero una vez entraron en juego THEMIS y TES, sus imágenes de alta resolución y los datos de monitorización de temperatura fueron vitales para realizar el descubrimiento: las imágenes del THEMIS mostraban áreas oscuras que no tenían la misma temperatura que el entorno, lo cual sugería que la composición de las mismas debía ser diferente, seguramente hielo de agua.

Los científicos estudiaron los datos del TES junto a las imágenes del THEMIS, encontrando que en dos áreas (denominadas Unidad I y S), las variaciones de temperatura entre el día y la noche del hielo expuesto en la superficie correspondían a las que serían esperables en el caso de que éste estuviese formado por agua y no por dióxido de carbono. Naturalmente el hielo de agua nunca pasa a estado líquido, ya que las condiciones climáticas existentes en el planeta Marte impiden la fusión de éste, pasando directamente a estado gaseoso por sublimación.

Las implicaciones de este descubrimiento son importantes: de algún modo, el agua hallada podría ser tan solo la punta del iceberg. Los científicos especulan la posibilidad de que exista una importante masa de hielo bajo la propia capa polar Sur marciana. La determinación de la abundancia y distribución del agua superficial y sub-superficial es fundamental para entender el ciclo de agua en el Planeta Rojo y la interacción de esta sustancia con la superficie y la atmósfera.

¿Por qué el Polo Norte de Marte es más rico en Hielo que el Polo Sur?

La razón de que la capa polar Norte marciana tenga mayor proporción de hielo de agua no está del todo clara –y hoy en día sigue en estudio–, aunque los científicos suponen que esto se debe al fenómeno que a continuación paso a explicar:

Primeramente hay que señalar que el componente de ambas capas polares es de dióxido de carbono congelado

y hielo de agua. En ambas capas existen ambas sustancias en estado sólido, aunque, ciertamente, la proporción de agua helada es mayor en la capa polar Norte. En los veranos de cada hemisferio, las capas se retraen, debido a la sublimación del dióxido de carbono, principalmente. Esto se debe a que el hielo de agua se condensa a una temperatura más alta (-80°C) que el dióxido de carbono congelado (-125°C). Para explicarlo mejor nos centraremos en lo que le sucede al hielo de agua.

La órbita del planeta Marte no es circular, sino algo elíptica (presenta una ligera excentricidad). Esto implica que los veranos en el hemisferio Sur marciano son algo diferentes a los del hemisferio Norte. Veamos:

- Cuando es verano en el polo Sur, Marte se halla en el **perihelio** (distancia más próxima al Sol) y la atmósfera marciana es, en general, "tibia", ya que el planeta está más cerca del Sol. El vapor de agua se sublima en el polo Sur y circula hacia el Norte (a una altura de entre 5 y 10 Km.). De esta manera, el agua procedente del polo Sur es transportada (poco a poco) hacia el polo Norte.
- En cambio, el verano llega al polo Norte cuando Marte se halla en el **afelio** (distancia más alejada al Sol). A diferencia del caso anterior, las temperaturas atmosféricas son bastante más bajas porque el planeta está situado más lejos del Sol. De este modo, el vapor de agua que se sublima de la capa polar Norte no puede recorrer grandes distancias a través de la atmósfera, de tal modo que pronto se vuelve a condensar en hielo.

Conclusión: con el paso del tiempo el agua es transportada hacia el polo Norte (atmósfera "tibia"), pero no puede ser transportada hacia el polo Sur (atmósfera más fría). De este modo el polo Norte marciano irá acumulando mayor cantidad de agua que el Sur.

El Comercio de Hielo Artificial

El comercio del hielo natural se inicia alrededor de 1805, año en que Federico Tudor remitió un cargamento de 130 toneladas a las islas orientales; dos años más tarde expidió a la Habana otro cargamento de 240 toneladas. Ambas operaciones, desastrosas desde el punto de vista económico, pusieron de manifiesto la posibilidad del transporte de hielo a grandes distancias. En 1812 Tudor obtuvo de Inglaterra el monopolio del comercio del hielo con las Indias Inglesas y en 1815 le hizo España análoga concesión para sus colonias de Ultramar. En 1880 se vendía a razón de 0,6 Euros la tonelada. Actualmente el país que marcha a la cabeza de la industria frigorífica son los EEUU

Clases de hielo artificial: Según su aspecto el grado de pureza de las aguas empleadas en su fabricación se distinguen varias clases. Según la asociación alemana de comerciantes y fabricantes de hielo tiene establecida la siguiente clasificación:

- Hielo **opaco**: es el obtenido con agua de manantiales naturales o de canalizaciones de distribuciones urbanas sin tratamiento especial alguno y congeladas en estado de reposo. Es opaco en bloques y translúcido en placas delgadas, con aspecto turbio, blanco o lechoso.
- Hielo **semitransparente**: es el hielo preparado con aguas potables cualquiera que sea su origen pero agitadas mecánicamente durante la congelación. Es transparente en todo su espesor a excepción del núcleo central opaco
- Hielo **crystalino**: es el hielo artificial preparado con agua destilada privada de aire. Es transparente en toda su masa.

Actualmente tenemos conocimiento de que empresas orientales compran directamente los icebergs árticos para su aprovechamiento en la industria del hielo, dada su riqueza en agua pura destilada que data desde los principios de la existencia de las grandes glaciaciones de los continentes, que como sabemos, dieron, en parte, origen a la vida del ser humano. Estas grandes masas de agua congelada son transportadas por mar en una sola

pieza para su posterior uso.

Para concluir, saber que tanto en la industria como en la economía doméstica encuentra el hielo numerosas aplicaciones: en la fabricación de cerveza, en la de chocolate, en la de parafina, en la preparación de materias colorantes nitrogenadas, en las de sales Glauber y de Stassfurt..., por ejemplo, fue empleado ya mucho antes de que, debido principalmente a los trabajos de Tellier, naciera la moderna industria frigorífica.

¿ Por qué se añade sal a la nieve?

El punto de congelación del agua pura es de 0° C. Sin embargo cuando se disuelve alguna sustancia en ella, el punto de congelación de la disolución resultante desciende. El descenso que se produce depende de la cantidad de sustancia disuelta. Con 22 g de sal por cada 100 g de agua se consigue que el punto de congelación disminuya hasta -21° C.

BIBLIOGRAFÍA

Revista Creation Magazine 19 (3) : 10–14 y 19 (4): 29, 1997

Tomos 2, 9, 10, 17 de la Gran Enciclopedia del Mundo; Durvan, S.A. ediciones

Tomos 13, 26, 27 y 67 de la Enciclopedia Espasa Calpe S.A. editores, 1968

Tomo 3 Enciclopedia Combi Visual

Química General, M. R. Fernández y J. A. Fidalgo, Ediciones Everest, 1989

Química, J. Morcillo Rubio y M. Fernández González, Grupo Anaya, 1989

Gran diversidad de páginas de internet de investigación, tales como la de la Universidad de Chile y de algunas revistas como National Geographic, Atmósfera (chilena), Astrocosmos y varias más.

Las imágenes que se muestran en este trabajo son descargadas de internet.

Esperamos le sea satisfactorio y aprenda tanto como nosotros con este escrito en el que hemos trabajado duramente