

Fuentes naturales de radiación		Dosis anual	Dosis equivalente efectiva anual
Dosis anuales causadas por fuentes naturales de radiación en zonas de actividad normal:			
Rayos cósmicos al nivel de mar			0,37 mSv
Radón (222Rn y 220Rn proveniente del 238U y 232Th)			1,30 mSv
Potasio (40K)			0,30 mSv
Otras fuentes			0,40 mSv
TOTAL (redondeado)			2,40 mSv
Fuentes artificiales de radiación			
Dosis anuales por las aplicaciones médicas de las radiaciones: (corresponde a aproximadamente del 20 al 45% de la exposición anual a la actividad normal)			0,4-1,0 mSv
Dosis anuales causadas por los ensayos de explosivos nucleares: (corresponde a aproximadamente el 1% de la exposición anual a la actividad normal)			0,01 mSv
Dosis anuales procedentes de la producción de energía nucleoelectrónica: (corresponde a menos del 0,1% de la exposición anual a la actividad normal)			0,0002 mSv

Figura 113

Exposición media individual a distintas fuentes de radiación. Con mucho, la mayor fuente de exposición a la radiación son los productos de vida corta resultantes de la desintegración del radio 222 y del radón 220 procedentes del uranio y del torio presentes en la naturaleza

En el sistema internacional de unidades, el Gray reemplaza a la unidad empleada anteriormente, el Rad, que es 100 veces más pequeña. Del mismo modo el Sievert reemplaza al rem, que es también 100 veces menor. Ambas unidades se definen en función de la cantidad de energía, medida en *Joule*, absorbida por kilogramo de masa:

$1 \text{ Gy (o 1 Sv)} = 1 \text{ J} \cdot \text{Kg}^{-1}$

Esta cantidad de energía corresponde a la cantidad de energía calórica para elevar la temperatura de 1 litro de agua en $0,00024 \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$.

¹ Extraió del folleto "La realidad sobre la radiación en dosis bajas", de James Dajlish, de la División de Información Pública del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), con el asesoramiento del Dr. Abel J González, titular de la División de Seguridad Nuclear de OIEA. Esta versión en castellano ha sido preparada por el Departamento Información Técnica de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

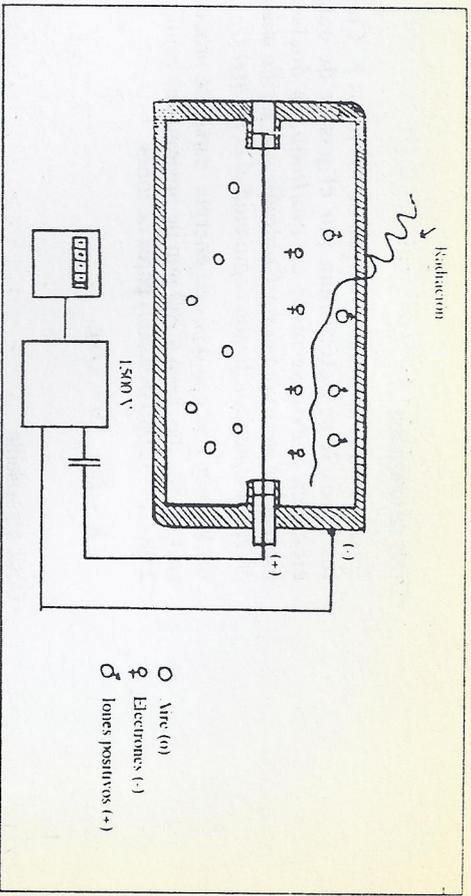


Figura 114

Aparatos de medición

En la detección y medición de las radiaciones ionizantes existen 3 principios diferentes:

Películas Sensibles: Las radiaciones tienen la propiedad de ennegrecer las películas fotográficas, atravesando el envoltorio donde se encuentran. Las personas que corren el peligro de recibir una dosis de radiaciones ionizante deben llevar una plaquita sensible, la cual se controla periódicamente. Dichas plaquitas constituyen un dosímetro simple e imborrable.

Contador Geiger: El principio del contador Geiger se basa en la propiedad que tienen las radiaciones ionizantes, de crear iones en la materia donde son absorbidas. En el caso del contador, la materia es el aire contenido en un tubo.

Normalmente, el aire es un aislante eléctrico. La tensión establecida entre el tubo exterior y el electrodo interior es lo suficientemente alta como para provocar un pasaje de corriente eléctrica, en cuanto el aire se ioniza por efecto de la radiación. En ausencia de iones, no existe tal pasaje.

La cantidad de corriente provocada por la ionización es proporcional a la cantidad de iones causada por las radiaciones.

Dosímetros de fluorescencia

El haz de rayos ionizantes incide sobre un cristal especial que reacciona con descargas luminosas. La cantidad de luz es en este caso una medida de energía de las radiaciones ionizantes.

Radiaciones electromagnéticas

Glosario técnico

Electrones

Partículas de masa muy pequeña, que poseen una carga eléctrica negativa y que provienen generalmente de la capa exterior del átomo (rayos β).

Positrones

Partículas de igual masa que los electrones, pero de carga positiva.

Protones

Partículas provenientes del núcleo del átomo, con una carga positiva. El núcleo del átomo del hidrógeno está formado por un protón.

Neutrones

Partículas eléctricamente neutras, con una masa equivalente aproximadamente a la del protón.

Ionización

Pérdida del estado de neutralidad eléctrica, por desprendimiento o ganancia de electrones.

Radiación ionizante

Radiación electromagnética, capaz de producir la ionización de los átomos del medio donde es absorbida.

Radiación no ionizante

Radiación electromagnética, que no produce efectos de ionización, en el medio donde actúa. Puede producir otros efectos, distintos al de ionización (calentamiento, reacciones fotoquímicas, fluorescente, etc.)

VI. Condiciones hipo e hiperbáricas

1. Conceptos básicos

El ser humano está dotado de sentidos específicos: la vista, el tacto, la audición, el olfato y el gusto, que le permiten captar la realidad externa.

Existen, sin embargo, algunas sensaciones, que no responden a un sentido individual. Tal es el caso de la respuesta a los cambios de presión atmosférica. Esta es una magnitud climática que a nivel del mar puede variar aproximadamente un 5% alrededor de su valor normal de 1000 *Hectopascals* = 750 mm de mercurio (Valor exacto: 1013 *Hectopascals*).

Las variaciones de presión atmosférica tienen una influencia decisiva sobre las condiciones climáticas.

Estos pequeños cambios de presión atmosférica no tienen prácticamente acción sobre el estado fisiológico del hombre, ni sobre su capacidad de rendimiento laboral; a pesar de lo cual, cierto número de personas sensibles, en el caso de baja presión atmosférica, se quejan de sufrir un estado de malestar general.

Tal sensación se atribuye a variaciones de la intensidad del campo eléctrico terrestre, que acompañan a los cambios de la presión atmosférica. Al hablar de condiciones hipo (baja) e hiper (alta) báricas (presión) se hace referencia a cambios de presión, de mucha mayor magnitud.

2. Fundamentos físicos

En física se define la presión como el cociente entre fuerza y superficie. Supóngase un cuerpo de peso igual a 32 kg apoyado en una de sus caras, de 4×4 cm de lado.

La fuerza con la que este cuerpo aprisiona una hoja de papel es de 36 kg, pero si se quiere calcular la presión habrá que dividir los 36 kg por la superficie de la cara de apoyo, que en este caso es de $4 \times 4 = 16 \text{ cm}^2$.

$$P = F/S = 32 \text{ kg}/16 \text{ cm}^2 = 2 \text{ kg/cm}^2$$

En el sistema internacional de medidas, la fuerza se expresa en *newton* (N), que equivale aproximadamente a 0,1 kg.

$$1 \text{ Kg} = 10 \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 1/10 \text{ kg}$$

La unidad de presión resulta entonces:

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Pa}$$

La capa gaseosa que envuelve la tierra tiene un espesor de aproximadamente 500 km.

Por cada m^2 de superficie terrestre, la atmósfera ejerce una fuerza de aproximadamente 100 K N (*Kilonewton* = 1000 N)

$$P = 100\text{KN}/\text{m}^2 = 100.000 \text{ Pa} = 1.000 \text{ HPa}$$

En nuestro país, la presión atmosférica se expresa en *Hectopascals*.

$$1 \text{ HPa} = 100 \text{ Pa}$$

La presión atmosférica normal es de 1000 HPa equivalente a los 750 mm de columna de mercurio.

El aire seco es una mezcla de 20,95 % de oxígeno, 0,03% de anhídrido carbónico, y 79,02% de nitrógeno. Contiene además pequeñas cantidades de hidrógeno, y los llamados gases nobles.

La presión atmosférica disminuye con la altura, empero esta disminución no es proporcional, por ejemplo: a 5.500 m de altura, la presión atmosférica es la mitad de la normal tomada a nivel del mar.

Además de los gases mencionados, la atmósfera contiene vapor de agua. A diferencia del oxígeno, carbónico y nitrógeno, cuyas proporciones relativas permanecen constantes, la cantidad de vapor de agua solamente depende de la temperatura.

Otro aspecto importante para entender el comportamiento del organismo bajo condiciones hiperbáricas, es que los líquidos

no son comprimibles, es decir, su volumen permanece constante, independientemente de la presión que se ejerce sobre los mismos. Los gases en cambio, disminuyen su volumen al aumentar la presión: si la presión aumenta al doble, el volumen se reduce a la mitad. Un globo inflado a nivel del mar, ocupa por ejemplo un volumen de 5 litros. llevado a 5.500 m de altura, donde la presión atmosférica es la mitad, su volumen se duplica, es decir, es de 10 litros.

Sumergido a 10 m de profundidad en el agua, la presión se duplica, el volumen será entonces de 2,5 litros.

Otro fenómeno importante es que el grado de volubilidad de los gases en líquidos aumenta al aumentar la presión, y, por el contrario, disminuye al disminuir la presión. Esto puede comprobarse fácilmente al observar una botella herméticamente cerrada de agua gasificada.

Si se le mantiene en reposo no se observan burbujas en el interior del líquido. Sin embargo, al abrir la tapa del envase, se produce una súbita formación de burbujas: esto ocurre porque una cantidad de gas carbónico se desprende del agua, al disminuir la presión.

La solubilidad de los gases aumenta también al disminuir la temperatura.

En las fábricas de gaseosas, el líquido se enfría para que aumente la cantidad de gas disuelto en el mismo.

3. Consecuencias sobre el ser humano

Si bien son relativamente pocas las personas involucradas en trabajos afectados por condiciones de presión atmosférica fuera de lo normal, sus consecuencias orgánicas son bien conocidas y de tal gravedad, en muchos casos, que merecen ser tenidas en cuenta especialmente para poder prevenirlos.

Se presentan durante la construcción de túneles bajo el agua (trabajos en Caissons), y en el buceo. En el primer caso, para que el Caisson se mantenga libre de agua, debe tener una presión interior equivalente a la de la columna de agua que soporta. Del mismo modo, el aire que respira un buceador debe estar en correspondencia con la profundidad a la que se encuentra, para igualar la presión del tórax con la del agua. Siendo así, el cuerpo no experimentará ninguna consecuencia adversa.

3.1. Condiciones hiperbáricas

• Zona de supervisión interna
 Por el bajo valor de exposición, pueden acceder a ella incluso visitas (por ejemplo, las instalaciones de una central nuclear).

• Zonas de supervisión externa
 Son las zonas lindantes con una instalación donde se usa energía atómica, pero que se vigilan por control ecológico.

Además de estas señalizaciones de las diferentes zonas, se deberán marcar con carteles identificatorios todos los aparatos, dispositivos, instrumentos y recipientes que contengan radioactividad.

- Los datos a consignar son:
- tipo del radionucleido
 - compuesto químico
 - fecha de envase
 - responsable del área en la fecha de envase

• Proceso de trabajo
 Los procesos de trabajo deberán organizarse de tal manera que eviten al máximo la exposición del personal a las radiaciones.

El manejo de las sustancias radiactivas deberá realizarse con manipuladores a distancia. Estos aparatos reproducen los movimientos de la mano, permitiendo todas las operaciones de asir, mover, posicionar.

• Equipo de protección personal
 Para el manipuleo de sustancias radiactivas abiertas, se deberán utilizar ropas de protección especial y equipos de seguridad. Al trabajar con las mismas se deberá tener especial cuidado de advertir y controlar a las personas encargadas de estas tareas, para evitar la incorporación de radiactividad mediante hábitos equivocados (comer, beber, fumar, en las zonas de peligro).

• Adiestramiento
 Las personas que por razones de su actividad, tienen acceso a las zonas de prohibición y control, deben ser instruidas en los métodos de trabajo e informadas de los peligros y medidas de protección. El adiestramiento debe ser repetido como mínimo cada seis meses. Toda persona que se inicie en una tarea que implique el riesgo de tomar contacto con sustancias radiactivas o que puede llegar a estar expuesta a las radiaciones ionizantes, deberá recibir la instrucción adecuada.

Figura 113

Tabla de valores límite de dosis y valores límite de zonas

Ambito	Valor límite de la dosis	Límite de cada zona
Zona de prohibición	Categoría A Categoría B	3 mJ/Kg (0,3 m rem/m)
Zona de control	Categoría A Categoría B	3/10 Cat. A para una permanencia de 40 h/semana
Zona de supervisión interna	1/10 Categoría A	1/10 Cat. A para una permanencia anual continua
Zona de supervisión externa	1,5 mJ/Kg . año (0,15 rem/año)	3/500 Cat. A para una permanencia anual continua

• Medidas de protección

Las principales normas de seguridad se encuentran contenidas en la ley 17.557 que reglamenta la instalación y el uso de equipos de rayos X.

Respecto del uso de radio-isótopos y radiaciones ionizantes, los mismos se encuentran reglamentados en el decreto No. 842/58.

A estas disposiciones hay que agregar el Convenio Internacional n° 115 sobre la protección de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes, adoptado el 22 de junio de 1960 en la 44° Reunión de la OIT, celebrada en la ciudad de Ginebra. Nuestro país se adhirió a dicho convenio, instrumentando esta adhesión mediante la ley 21.664.

El organismo encargado de supervisar directamente el manejo, tenencia y desecho de materiales radioactivos es la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA)

• Valores límite

En la tabla de la fig. 115 figuran los valores límite admisibles de las dosis de radiación para personas expuestas durante el ejercicio de sus actividades.

En un cuarto año calendario, la dosis recibida debe ser como máximo la mitad de los valores límite anuales.

Menores de edad y mujeres fértiles hasta la edad de 45 años no deben recibir dosis superiores a 1/10 de los valores límite de la categoría A.

En caso de extrema gravedad (control de catástrofes, reparaciones urgentes) las dosis anuales pueden duplicarse y las dosis a lo largo de la vida, pueden hasta quintuplicarse, respecto de la categoría A.

Categoría A: Actividades con peligro de radiación externa, por ejemplo manipuleo de sustancias radiactivas cerradas (encapsuladas)

Categoría B: Actividades con peligro de incorporación o contaminación; por ejemplo, manipuleo de sustancias radiactivas abiertas

• Zona de protección

Se deberán marcar en forma bien clara las diferentes zonas de protección.

Figura 115
Tabla de valores límite de dosis para personas expuestas profesionalmente

Zona del cuerpo	Personas expuestas profesionalmente Categoría A Año calendario	Personas expuestas profesionalmente Categoría B Año calendario
Cuerpo entero	50 m J/Kg (5 rem)	15 mJ/Kg (1,5 rem)
Médula ósea		
Manos, antebrazos, pies, pantorrillas, tobillos, incluyendo la piel correspondiente	600 mJ/Kg (60 rem)	200 mJ/Kg (20 rem)
Piel, en caso de que sea lo único que quede expuesto a la exposición radiactiva, excepto la piel de manos, antebrazos, pies, pantorrillas y tobillos	300 mJ/Kg (30 rem)	100 mJ/Kg (10 rem)
Hueso, tiroides	300 mJ/Kg (30 rem)	100 mJ/Kg (10 rem)
Otros órganos	150 mJ/Kg (15 rem)	50 mJ/Kg (5 rem)

• Zona de prohibición

Deberá delimitarse perfectamente, colocándose las correspondientes señales de peligro para sustancias radiactivas, con las indicaciones de "Zona prohibida, no entrar".

El acceso sólo estará permitido por razones de extrema urgencia y bajo el control del responsable de la supervisión de radiaciones.

• Zona de control

Debe estar bien delimitada y señalizada con la leyenda "Zona de control". El acceso sólo será permitido para realizar trabajos de mantenimiento o corrección de procesos.

Por encima de ciertos límites, las presiones parciales de los gases contenidos en la sangre se alteran. Al aumentar la presión atmosférica, el volumen de los gases disminuye; éstos se liberan y se disuelven en otros tejidos.

Especialmente peligroso resulta el nitrógeno, que por su afinidad con el tejido graso se disuelve en el sistema nervioso central, en la grasa de los huesos y en el tejido subcutáneo. Si la descompresión posterior se hace en forma lenta, los gases pueden ser expulsados por medio de la respiración; si en cambio es brusca, se originarán burbujas, dando lugar a diversas manifestaciones.

Las enfermedades por hiperpresión se presentan en:

- a) la fase de compresión;
- b) la fase de isopresión;
- c) durante la descompresión

a) Daños por compresión

El *barotrauma* es característico de esta fase; puede ser definido como el daño que sufre un trabajador en Caisson o un buceador, debido a las diferencias de presión entre el entorno y sus cavidades aéreas (oído medio, cavidades paranasales y pulmón).

Normalmente, la presión entre el exterior y el oído medio está equilibrada por medio de la trompa de Eustaquio, pero si ésta se encuentra obstruida (por ejemplo, por un resfrío) la hiperpresión exterior origina consecuencias de distinto grado: primero, se presenta dolor; luego, si la presión es muy alta (>0,5 bar), se rompe el tímpano y el agua que entra da lugar a vértigos, pérdida de orientación e infecciones. Si el tímpano permaneciera intacto, se produce congestión e inflamación de las mucosas del oído, especialmente de la caja del tímpano.

El barotrauma de las cavidades paranasales, si bien resulta desagradable, no trae consecuencias tan serias como el anterior.

Por el contrario, el barotrauma a nivel pulmonar puede tener final mortal. Se puede producir por defecto del equipo de buceo o cuando se llega muy profundo sin él, o se pierde la conciencia; también cuando un buzo con casco hace un descenso tan brusco que no alcanza la provisión de aire.

En el caso del buceo libre, es decir, sin tanques de oxígeno, se da el siguiente fenómeno: el buceador llena sus

pulmones en la superficie, entre un 75% a 100% de su capacidad. Si desciende 10 m por ejemplo, su tórax queda sometido a una presión de 2 bares, con lo que los pulmones pasan de tener un volumen máximo a un mínimo, lo cual equivale a la espiración, pero sin haber dejado escapar el aire. La presión en los pulmones se ha duplicado. La adaptación a la presión reinante en el agua se logró mediante la compresión del pulmón.

Esto se encuentra representado en la fig. 118

La reducción del volumen pulmonar hace que la diferencia de presión entre el tejido y el espacio pulmonar sea la misma que en la superficie, no presentándose de esta forma peligro de daño alguno, por estar las presiones equilibradas.

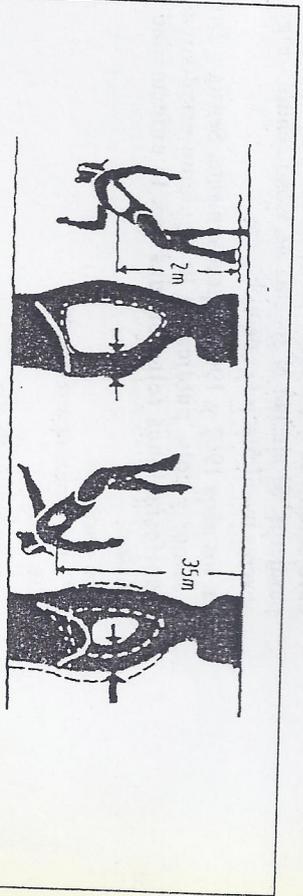
Todo lo contrario ocurre cuando este equilibrio se pierde, por ejemplo, cuando la persona se sumerge en un líquido a 1 m de profundidad y pretende respirar aire atmosférico mediante un tubo conectado al aire libre. Su tejido pulmonar queda sometido a una sobrepresión de 0,1 bar respecto al volumen pulmonar, con lo que puede producirse el barotrauma.

El principio del equipo de buceo consiste, justamente, en ajustar automáticamente la presión del aire inspirado a la presión exterior reinante.

b) Enfermedades en la fase de isopresión

Esta fase se caracteriza por mantener una presión aumentada y constante, durante un tiempo prolongado. Los problemas son consecuencia de la presión parcial de cada gas en la sangre. Así, de acuerdo con la profundidad alcanzada se presenta embriaguez por nitrógeno o

Figura 118
Representación esquemática del comportamiento del volumen pulmonar en función de la profundidad de buceo.



El aire, a medida que la inmersión progresa, es comprimido de tal forma que el tórax, para la misma cantidad de aire, pasa de la posición de inhalación a la de exhalación.

intoxicación por oxígeno: la primera aparece como una narcosis producida en buccadores a más de 40 m de profundidad. Primero se manifiesta por pérdida del sentido crítico, con marcada tendencia a la risa y la locuacidad; más tarde, adormecimiento, falta de concentración y narcosis.

Por su parte, la intoxicación por oxígeno, que depende también de la profundidad y la duración, se presenta especialmente cuando se respira oxígeno puro.

Se producen daños en el tejido pulmonar (hasta llegar a atelectasia y edema), y en el sistema nervioso central. Esto último se manifiesta como convulsiones, calambres, disminución del campo visual, trastornos en la coordinación de los movimientos, y confusión.

Los síntomas provenientes del sistema nervioso central cesan bruscamente al corregirse el oxígeno, mientras los pulmonares tardan más tiempo y requieren tratamiento adecuado.

c) Daños por descompresión

Los accidentes más frecuentes se producen en esta fase y se destaca la llamada *enfermedad del Caisson*, provocada por el corto tiempo de retorno a la superficie. Como ya se dijo, se produce la formación de burbujas gaseosas que originan embolias. Estas se alojan en las grandes articulaciones, provocando la muerte de los tejidos donde se enclavan, con el consiguiente dolor. La cronicidad de esta situación, por sucesivas descompresiones, conduce a defectos radiológicos (por ejemplo, esclerosis subcondrales y procesos articulares deformantes).

Si los émbolos se alojan en la piel, dan lugar a enrojecimiento y pérdidas de sensibilidad, localizados y pasajeros. Si afectan el sistema nervioso central, originan severas manifestaciones neurológicas.

En los años 1962 y 1964 respectivamente, Seustig y Drube y Alnor y cols. publicaron la siguiente estadística de manifestaciones relacionadas con la enfermedad de

Caisson:

35%	artralgias
33%	trastornos neurológicos
13%	mialgias
8%	trastornos de piel
11%	trastornos de otros órganos

Durante la fase de descompresión, y debido a una disminución de la respiración, se produce una sobredilatación del pulmón con pasaje directo de aire al sistema vascular (embolia) así como posible neumotórax. Frecuentemente estos pacientes no pueden ser recuperados.

Si se toma en cuenta el momento de aparición, se pueden clasificar los síntomas como:

a) accidentes descompresivos, que se presentan dentro de las 24 horas posteriores a la inmersión;

b) formas tardías, que se observan luego de años de exposición.

Los accidentes descompresivos pueden ser leves (dolor articular o en partes blandas, progresivo, que no cede con analgésicos comunes, acompañado de picazón y erupciones en la piel), o graves.

Las formas graves comprenden tres cuadros característicos: el accidente vestibular (sordera súbita, zumbidos en los oídos, vértigo, náuseas y vómitos, pérdida del equilibrio, desorientación, hipotensión y shock), el respiratorio (dificultad para respirar, dolor en el tórax, sensación de asfixia, los perruna y coloración azulada de la piel y las mucosas), y el neurológico (con distintos signos cambiantes de irritación o déficit del sistema nervioso central, hasta llegar a convulsiones, pérdida del habla y coma).

El tratamiento consiste en someter al individuo a la recompresión inmediata para luego proceder a la descompresión programada según una "tabla de tratamiento" adecuada al cuadro clínico y a su evolución.

Las formas tardías son consecuencia de las microembolias sucesivas, que a lo largo de años llevan a lesiones irreversibles (pérdida de agudeza visual, dolores articulares rebeldes, artritis deformantes).

La disminución de presión atmosférica origina la de la presión parcial de O_2 en el aire. La suficiente provisión de O_2 a una presión adecuada, es esencial para el funcionamiento del organismo humano, especialmente en el caso de tejidos como el cardíaco y el del sistema nervioso central que no sobreviven a la falta del mismo.

La primera respuesta a la caída brusca de la presión parcial de oxígeno es la emergencia respiratoria acompañada de palpitaciones; a esto le siguen manifestaciones de apatía, palidez y sudoración. Los síntomas psíquicos característicos

3.2. Condiciones hipobáricas

son, en una primera etapa, euforia y sobrevaloración de las propias capacidades, seguidas de depresión y falta de deseos de hablar (cuadro similar al de la embriaguez). Si bien existen diferencias individuales en cuanto a la tolerancia, se pueden observar estos cuadros ya a partir de los 2000 metros de altura en personas débiles o ancianas y a partir de los 3000 metros en el resto.

Mediante simulación en cámaras de clima, se observó que hasta los 6000 metros tienen lugar marcadas limitaciones en la eficiencia, y con una presión parcial de O_2 a 4 kPa se produce pérdida del conocimiento. A los 6000 metros, los no aclimatados sólo pueden sobrevivir si respiran oxígeno puro.

A los 7500 metros la caída de oxígeno trae consecuencias psíquicas que se muestran claramente en los tests de escritura; en ellos se observa cómo la capacidad psicofísica va disminuyendo hasta que el individuo se vuelve totalmente incapaz de escribir una frase con claridad. El mayor peligro en estos casos radica en la mala evaluación de la propia capacidad y en los errores y fallas en las reacciones, que pueden llevar a accidentes fatales.

En puestos de trabajo a gran altura, la tolerancia y la capacidad dependen del tiempo de permanencia en el mismo, ya que el organismo pasa por una serie de mecanismos de adaptación llamados *aclimatación a la altura*. La primera fase de ellos, en el ascenso agudo, se caracteriza por el aumento de ventilación y del volumen minuto circulatorio, para compensar parcialmente la disminución de oxígeno. Sin embargo, esto sólo equilibra en parte el déficit de O_2 , ya que se produce simultáneamente un aumento de requerimiento de energía para sustentar el trabajo respiratorio y cardíaco aumentado.

La segunda fase, que comienza ya al primer día del ascenso, comprende cambios bioquímicos en los glóbulos rojos circulantes.

Finalmente, la tercera fase se caracteriza por un aumento del volumen sanguíneo, del número de glóbulos rojos y de su contenido de hemoglobina (sustancia transportadora de O_2). Esta fase es relativamente lenta (3-4 semanas) y al final se consigue un aumento de la capacidad de transporte de O_2 que permite un mayor metabolismo energético con poca sobrecarga cardíaca.

En resumen, se puede establecer que hasta los 2000 metros no hay limitaciones de las capacidades corporales; entre 2000 y 4000 metros hay una disminución del 20% de dichas capacidades tanto en respuestas momentáneas máximas como en las de larga duración. Con mayor permanencia a esa altura se consigue una aclimatación que aumenta la capacidad

nuevamente; por sobre los 4000 metros y hasta los 5000 metros, la capacidad permanece limitada aún después de la aclimatación. Por encima de los 5000 metros sólo pueden brindarse prestaciones de corta duración.

Son también dignas de atención las influencias secundarias de la altura sobre el hombre. Motores a combustión no adecuados a la altura, producen más cantidad de monóxido de carbono; éste tiene una afinidad 300 veces mayor por la hemoglobina que por el oxígeno, pudiendo así limitar su transporte.

Algo similar sucede con el hábito de fumar: a una altura normal, ya proporciona monóxido de carbono a la sangre; con la altura, debido a la combustión incompleta del tabaco, este efecto se ve aumentado.

4. Medidas preventivas

Para los trabajadores sometidos a hiperpresión las medidas higiénicas deberán ser estrictas. Se recomienda no emplear a jóvenes con menos de 21 años ni a adultos que sobrepasen los 50 años de edad, así como someterlos a un cuidadoso control médico antes de la inmersión, que asegure, por ejemplo, la ausencia de procesos inflamatorios que pudieran obstruir la trompa de Eustaquio (resfríos, otitis, angina, etc.). Se debe adiestrar a estos obreros en las maniobras necesarias para mantener abierta esa vía (maniobra de Valsalva) y, sobre todo, hacerlos conscientes de la importancia de respetar estrictamente los tiempos de inmersión y descompresión.

Personal especializado deberá vigilar permanentemente la profundidad de inmersión y el tiempo de trabajo, el tipo de aire a respirar (si es normal o mezclado) así como las condiciones físicas (temperatura, presión) de las cámaras de descompresión y su correcto funcionamiento.

Para los trabajos en altura las personas con trastornos cardíacos o circulatorios, hipertensión, enfisema, bronquitis, anemia y trastornos del aparato digestivo no son aptas; tampoco personas de edad avanzada. Será conveniente en todos los casos adecuar el tiempo y la intensidad del trabajo a la fase de aclimatación del trabajador y proveerlo de los elementos de protección que correspondan a las condiciones particulares del terreno (vestimenta aislante del frío, anteojos con filtro para radiaciones ultravioletas, etc.)

Condiciones hipo e hiperbáricas

Glosario técnico

Estado hiper-bárico Condiciones ambientales caracterizadas por presencia de aire a mayor presión que la presión atmosférica normal.

Estado hipo-bárico Condiciones ambientales, caracterizadas por la presencia de aire a menor presión que la presión atmosférica normal.

Presión atmosférica Efecto del peso de la masa atmosférica, que se ejerce por cada m² de superficie de la tierra. En condiciones normales, este valor es de 1000 HPA (mil hecto-pascals)

Presión de vapor de agua Es el efecto sobre la presión atmosférica debido a la presencia de vapor de agua. Su presión no depende de la presión atmosférica total, sino de la temperatura. Para la temperatura corporal de 37 °C y para un grado total de saturación de humedad, como ocurre en los pulmones, su valor es constante y equivalente a 6,3 kPa.

Presión parcial de los gases Efecto de presión ejercido por cada componente gaseoso de una mezcla de gases. En la atmósfera los gases nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂) y con ciertas restricciones el anhídrido carbónico (CO₂), se comportan como gases ideales, su presión parcial equivale a su participación porcentual en la mezcla. El O₂ tiene una presión parcial de 20,95 kPa en 100 kPa de presión total.

Referencias bibliográficas

ARAÚJO COURTO (1987), *Temas de Saude Ocupacional*, Hudson.

FANGER (1973), "Thermal comfort, analysis and applications", in *Environmental Engineering*, Mc Graw-Hill, New York.

GRANDJEAN, Etienne (1979), *Physiologische arbeitsgestaltung*, Landsberg, Ecomed.

GUYTON, Arthur C. (1967), *Tratado de fisiología médica*, México, Ed. Interamericana (3 ed.)

HALL, Eric J. (1976), *Radiation and Life*, Pergamon Press.

INSTITUTO TERRITORIAL, *Curso general de higiene industrial*, Temas Docencia, Barcelona.

MANGOSIO, Jorge (1994), *Fundamentos de higiene y seguridad en el trabajo*, Buenos Aires, Nueva Librería.

ROHMERT, Walter *et al.* (1982), *Arbeitswissenschaft*, Lockay Druck.

ROHMERT, Walter; RUTENGRAY, Joseph (1983), *Praktische Arbeitsphysiologie*, Thieme.

ROVEDA, José; ROVEDA, Carlos (1973), *Manual de ofalmología*, López Liberos Editores.

SCHMIDTKE, Heinz (comp.) (1981), *Lehrbuch der Ergonomie*, Munich, Carl Hanser.

TABOADA, J.A. (1983), *Manual de luminotecnia*, Madrid, Ed. Dossat (4 ed.).

VALENTIN, H.; KLOSTERKÖTTER, W.; CELUVERT, G. *et al.* (1979), *Arbeitsmedizin*, Thieme.

WENZEL, Hans; PIEKARSKI, Claus (1980), *Klima und Arbeit*, Munich, Ministerio Bávaro del Trabajo

WERNER, Antonio; MÉNDEZ, Antonio; SALAZAR, Estela (1990), *El ruido y la audición*, Ad Hoc.

Glosario de términos médicos

- adiposo:** relativo a la grasa
- artralgia:** dolor en las articulaciones
- astenia:** falta de energía - debilidad general del cuerpo.
- atelectasia:** disminución del volumen del tejido pulmonar por ausencia de aire en sus alvéolos
- bactericida:** que destruye a las bacterias.
- cefalea:** dolor de cabeza.
- células ciliadas:** células provistas de cilias.
- cianosis:** coloración azulada de piel y mucosas.
- cilias:** apéndices móviles de las membranas ciliares en la superficie de los tejidos especializados.
- cutáneo:** relativo a la piel.
- dérmica:** relativa a la piel o dermis.
- edema:** infiltración líquida de ciertos tejidos.
- embolia:** obstrucción de un vaso sanguíneo producida por la acción de un émbolo de cualquier origen (gaseoso, grasa, etc.)
- endógeno:** que se forma en el interior.
- fisiológico:** que corresponde al funcionamiento normal del organismo.
- fotofobia:** rechazo a la luz.
- glucemia:** índice de azúcar en sangre.
- hipertermia:** temperatura aumentada.
- hipocapnia:** reducción del ácido carbónico en sangre.
- histológico:** relativo a los tejidos.
- keratodermia:** aumento del espesor de la capa córnea de la piel.

- keratosis: marco, vértigo, inseguridad postural.
- lipídicos: relacionados con las grasas.
- lipidos: sustancias parecidas a las grasas, componentes de las células.
- mialgias: dolor en los músculos.
- narcosis: sopor, insensibilidad.
- mitóticos: relacionado con la mitosis o división celular.
- morfológico: relativo a la forma.
- mutaciones: cambios. Se aplica en general para describir cambios genéticos.
- narcosis: sopor, insensibilidad.
- parestias: sensaciones no objetivables, espontáneas, irritativas (hormigueos, pinchazos, frío, calor, etc.).
- peristaltismo: movimientos involuntarios de contracción en forma de nudo, del tubo digestivo o de cualquier otro conducto provisto de fibras musculares.
- subcutáneo: que se ubica por debajo de la piel.
- termorregulador: que regula la temperatura.
- tisular: relativo a los tejidos orgánicos.
- vascularización: presencia de vasos sanguíneos.
- vasoconstricción: disminución del calibre de los vasos sanguíneos.
- vasodilatación: aumento del calibre de los vasos sanguíneos.
- vegetativo: que vegeta. / funciones vegetativas: las básicas de los seres vivos (respiración, nutrición, desarrollo, etc.) / sistema nervioso vegetativo (simpático y parasimpático): dirige las funciones autónomas.
- virucida: que destruye los virus.

Índice analítico

- aclimatación, 48, 50, 69, 222, 223
- acomodación, 172
- agotamiento circulatorio o síncope de calor, 52
- agudeza visual, 141, 142, 144, 170, 221
- barotrauma, 218, 219
- cámaras de clima, 52, 222
- cáncer, 193
- cansancio, 75, 172
- carga por frío, 53, 78
- carga térmica, 33, 35, 52, 59, 68, 69, 71, 77
- cataratas, 52, 191, 192, 197
- cefalea, 139
- centro termorregulador, 44, 46
- clima, 222
- columna lumbar, 137
- columna vertebral, 140, 141, 149
- confort, 33, 47, 51, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 73, 74, 75, 118
- congelamiento, estadíos, 54
- consumo de O₂, 72
- déficit de sal, 51
- deshidratación, 48, 51, 52
- eficiencia, 53, 55, 118, 120, 136, 137, 144
- enfermedad de Dupuytren, 144
- enfermedad de caisson, 217, 218
- enmascaramiento, 118, 125
- equilibrio, 40, 44, 45, 48, 50, 68, 93, 97, 131, 135, 157, 203, 219, 221
- evaporación de sudor, 45, 46
- fatiga auditiva, 115, 126
- formación reticular, 114
- golpe de calor, 51
- límites de exposición, 195
- mal del mar o del transporte, 138
- muerte celular, 198, 200, 201
- mutaciones, 199, 201
- oído, 114, 116, 123, 124, 125, 126, 134, 135, 139, 218, 221
- pausas de recuperación, 77
- percepción auditiva, 93
- presbiacusia, 118, 126
- quemaduras, 54, 192, 193
- rendimiento, 33, 48, 51, 59, 60, 69, 70, 71, 73, 118, 131, 149, 159, 160, 162
- resonancia, 94, 95, 97, 99, 132, 137, 140, 141, 157
- ruido, 93, 96, 101, 108-129, 143
- sobrecarga circulatoria, 48
- sordera profesional (hipoacusia), 116-118, 124-126
- stress térmico, 47, 48, 52, 64
- temperatura central, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 54, 55, 68, 69
- temperatura periférica, 44, 48, 53
- trauma acústico, 115, 116
- umbral auditivo, 110, 113, 115, 117, 125, 129
- visión cercana, 172
- visión de lejos, 172

