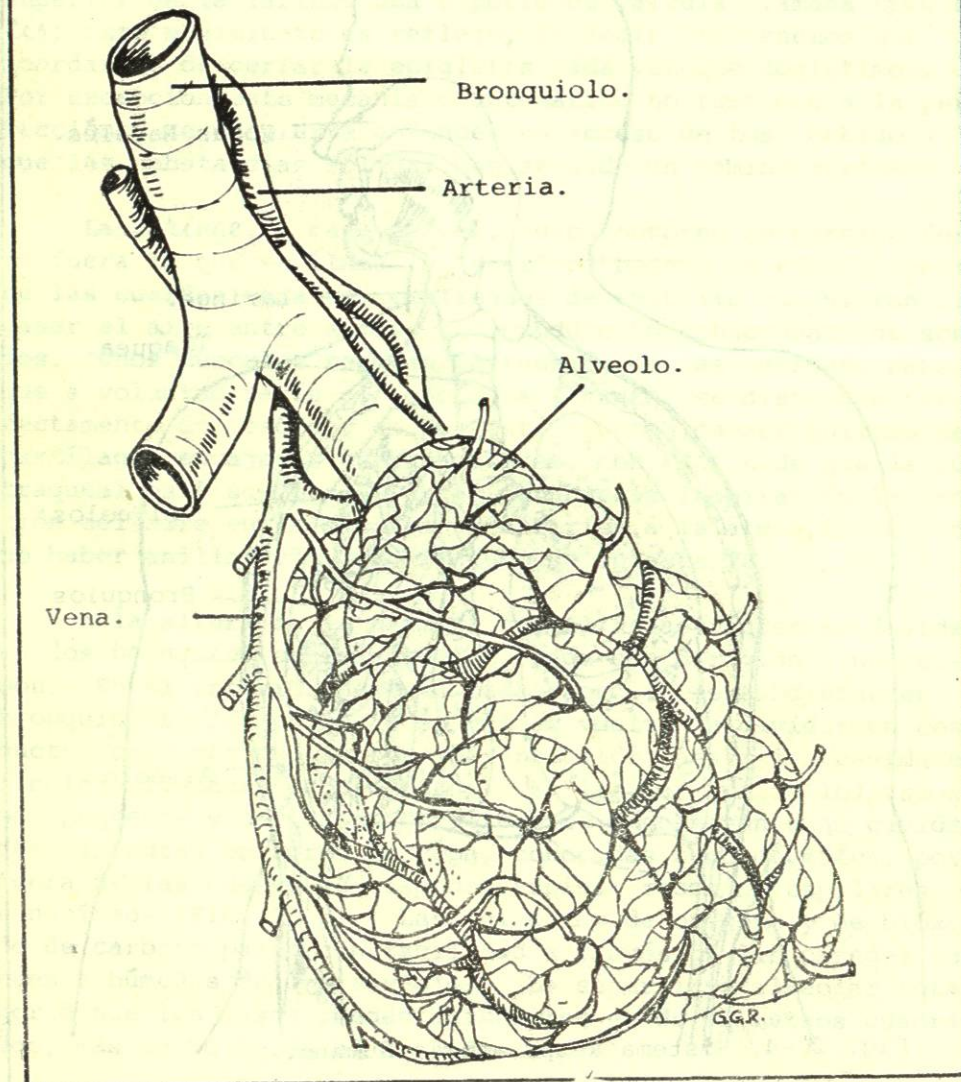


Fig. 20-5. Los alveolos pulmonares y sus capilares.



La pared de la tráquea y de los bronquios consta de una capa interna epitelial, una capa externa de tejido conectivo y una capa media donde se encuentran los anillos cartilaginosos y las fibras musculares lisas.

En un paciente asmático, estas fibras lisas se contraen anormalmente y disminuyen la luz bronquial dificultando mucho la respiración. El epitelio de revestimiento secreta moco y contiene células que se agitan constantemente en la dirección de estas células ciliadas; las vellosidades de estas células se agitan constantemente en una dirección, de manera que las bacterias o partículas de polvo, se depositan en la superficie húmeda, quedan primero atrapadas por el moco y luego son expulsadas por el movimiento ciliar que las lleva hacia la faringe.

A medida que los bronquiolos van reduciendo su diámetro en el curso de las sucesivas divisiones, se hacen sus paredes más finas, primero al desaparecer la capa cartilaginosa y luego por la substitución de las células ciliadas por epitelio plano. Las paredes de los alveolos están compuestas únicamente de una capa de células epiteliales planas. Las micrografías electrónicas han demostrado que siempre hay dos membranas, el epitelio alveolar y el endotelio capilar que separa el aire pulmonar de la sangre. Entre los alveolos, con la función de sostenerlos fijos, se disponen bandas de tejido conectivo elástico. En realidad, los pulmones son elásticos, pues al quitarlos de un animal pueden ser inflados como un globo a través de la tráquea; si se suprime la presión, la elasticidad de los pulmones distendidos obliga a que el aire escape y los órganos recuperen su forma.

El pulmón y la cavidad torácica donde está contenido, se cubren de unas hojas de epitelio liso y delgado que se conoce como *pleura*. Dichas hojas se conservan húmedas para que los movimientos respiratorios se hagan apenas sin fricción. La presión en la cavidad pleural (o sea, la que está entre las dos capas de la pleura) generalmente es inferior a la atmosférica. La elasticidad de los pulmones tiende a que se separen ligeramente de la pared torácica, lo que crea un vacío relativo en la cavidad pleural. Si estos revestimientos pleurales se inflaman, secretan un líquido que se acumula en la

cavidad (entre el pulmón y la pared torácica), cuadro que se conoce con el nombre de pleuresía.

La cavidad torácica está cerrada, de modo que no tiene comunicación con la atmósfera ni con ninguna otra cavidad del organismo. En la parte superior y a los costados está limitada por la pared, la cual contiene las costillas, en tanto por la parte inferior se extiende un músculo estirado, como si fuera una cúpula, conocido como *diafragma*.

Intercambio de gases en el pulmón.

El oxígeno pasa de los alveolos a los capilares pulmonares, y el bióxido de carbono se traslada en sentido opuesto simplemente por el fenómeno físico de la difusión; cada gas, va de una región donde está más concentrado a otra de concentración más baja. El epitelio alveolar extremadamente tenue ofrece apenas resistencia al paso de los gases, y como ordinariamente hay más concentración de oxígeno en los alveolos que en la sangre que llega a los pulmones por la arteria pulmonar, el oxígeno se difunde de los alveolos a los capilares. De manera similar, la concentración de bióxido de carbono en la sangre de la arteria pulmonar es normalmente más elevada que en los alveolos, de modo que este gas pasa de los capilares pulmonares al interior de los alveolos. Al contrario de lo que se observa en las células que revisten el intestino las cuales pueden absorber un elemento de la cavidad intestinal y pasarlo a la sangre, aun si en ella la concentración es más elevada, el epitelio alveolar no puede movilizar ni oxígeno ni bióxido de carbono contra cantidades más grandes de uno de ellos.

Siempre que la concentración de oxígeno en los alveolos baja hasta cierto valor, la sangre que riegan los pulmones no pueden enriquecerse bastante para satisfacer las necesidades del organismo, por lo que aparece el llamado "mal de montaña" con estado nauseoso, cefalalgia e ideas delirantes. El mal de montaña comienza alrededor de los 5,000 metros de altitud, o incluso a menos en ciertas personas predispuestas. Por otra parte, muchos habitantes de lugares elevados se acostum-

bran a vivir a estas altitudes aumentando el número de glóbulos rojos en la sangre, pero nadie puede vivir a más de 6,000 sin aprovisionamiento adicional de oxígeno. A los 11,000 metros la presión es tan baja que aun si se respira oxígeno puro no se puede obtener el suficiente para las necesidades respiratorias. Los aviones modernos van provistos de cabinas herméticas y de dispositivos que impulsan aire al interior, de modo que la presión es equivalente a la del nivel del mar, o sea de 760 mm de mercurio.

En los capilares de todos los tejidos del cuerpo, donde ocurre la respiración interna, el oxígeno, por difusión, va de lo mismo a las células, en tanto el bióxido de carbono pasa en igual forma de las células a los capilares. El metabolismo ininterrumpido de glucosa y otras sustancias en la intimidad celular da lugar a la producción constante de bióxido de carbono y utilización de oxígeno. En consecuencia, la concentración del oxígeno siempre es baja y la de bióxido de carbono siempre es alta en las células con respecto a los capilares.

En todo el sistema, de los pulmones a la sangre y de ésta a los tejidos, el oxígeno pasa de puntos de gran concentración a otros de concentración cada vez más baja, hasta al fin ser utilizado por las células; el bióxido de carbono pasa de las células, donde se produce, a la sangre, a los pulmones y al exterior siempre hacia regiones de concentración también más baja.

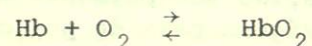
Transporte del oxígeno por la sangre.

En estado de reposo, las células del organismo humano necesitan unos 300 litros de oxígeno cada 24 horas o sean 250 ml por minuto. Con el ejercicio, o el trabajo esta necesidad podrá elevarse 10 y hasta 15 veces. Si el oxígeno fuese acarreado a los tejidos simplemente disuelto en el plasma, la sangre tendría que circular por el organismo a razón de 180 litros por minuto para satisfacer las necesidades de las células en descanso, pues este gas no es muy soluble en el plasma. En realidad, la sangre de un hombre en reposo circula a razón de 5 litros por minuto, con satisfacción de toda

la demanda de las células; la diferencia entre 180 y 5 litros se debe a la acción de la hemoglobina.

La *hemoglobina* es el pigmento de los glóbulos rojos cuya misión exclusiva es transportar casi todo el oxígeno y la mayor parte del bióxido de carbono. La sangre en equilibrio con el aire alveolar solo puede incorporar en solución 0.25 ml de oxígeno y 2.7 ml de bióxido de carbono por 100 ml pero gracias a la acción de la hemoglobina, estos mismos 100 ml. de sangre pueden llevar unos 20 ml de oxígeno y de 50 a 60 ml de bióxido de carbono. La sangre humana contiene 15 g. de hemoglobina por 100 ml.

En términos aproximados, el 2 por 100 del oxígeno de la sangre está disuelto en el plasma, en tanto el resto se combina con la hemoglobina. Después de que el oxígeno entra en los capilares de los pulmones, se difunde a los glóbulos rojos del plasma, donde se une a la hemoglobina o sea, que una molécula de oxígeno se une a otra de hemoglobina para formar una molécula de oxihemoglobina:



Las flechas indican que la reacción es reversible. Se comprende que la hemoglobina no sería útil si solo tomara el oxígeno y no lo pudiese librar en el punto requerido. La reacción va en el sentido de izquierda a derecha en el pulmón, donde se forma la oxihemoglobina, y de derecha a izquierda en los tejidos, donde ésta se libera del oxígeno. La diferencia de color entre la sangre arterial y venosa se debe a que la oxihemoglobina es de tono escarlata brillante, en tanto la hemoglobina es de tono púrpura.

La combinación del oxígeno con la hemoglobina y la desintegración de la oxihemoglobina se regulan por dos factores: primero, por la cantidad de oxígeno presente y en segundo lugar, por la cantidad de bióxido de carbono. En los pulmones, la concentración del primero es relativamente elevada, de modo que se forma la oxihemoglobina. Al abandonar los campos pulmonares, la sangre se dirige al corazón y luego a las arterias, donde varía poco la concentración del gas y luego a los

tejidos, donde la oxihemoglobina está expuesta a un medio con poco oxígeno; como consecuencia, se desintegra y deja que el oxígeno se difunda por las células de los tejidos.

El bióxido de carbono reacciona con el agua para formar ácido carbónico, H_2CO_3 , por lo que el incremento de la concentración de CO_2 aumenta la acidez de la sangre, lo que a su vez hace disminuir la capacidad de la hemoglobina para acarrear oxígeno, o sea, que en parte, la capacidad de que la hemoglobina se combine con el oxígeno está regulada por la cantidad presente de CO_2 . De esto resulta un sistema de transporte de gran eficacia: en los capilares de los tejidos la concentración de CO_2 es elevada, de modo que el oxígeno se libera de la hemoglobina por la acción conjunta de la tensión baja de oxígeno y alta de CO_2 . En los capilares de los pulmones (o en las branquias de los peces), la tensión de CO_2 es baja, lo que permite que la hemoglobina se combine con el oxígeno, puesto que éste se encuentra a tensión elevada. Es desde luego conveniente recordar, que el aumento de bióxido de carbono acidifica la sangre y que la capacidad de la hemoglobina de llevar oxígeno disminuye en una solución ácida.

El factor que realmente decide la dirección y velocidad de la difusión es la presión o "tensión" de cada uno de los gases de que se trata. Si los gases están mezclados, cada uno ejerce, con independencia de los otros, la misma presión que ejercería si estuviese solo. En el aire a nivel del mar, donde la presión total es de unos 760 mm de mercurio, el oxígeno ejerce un quinto de la presión, o sea que la presión parcial o tensión del oxígeno en la atmósfera es de 150 mm de mercurio. El aire alveolar contiene menos oxígeno que el atmosférico, pues la tensión de este gas en los alveolos es aproximadamente de 105 mm. La sangre pasa por los capilares del pulmón con demasiada rapidez para poder equilibrarse completamente con el aire alveolar, de modo que la tensión de oxígeno en la sangre arterial es de unos 100 mm. La tensión del oxígeno en los tejidos varía entre 0 y 40 mm, lo que da el resultado de que este gas se difunda en ellos desde los capilares. Sin embargo, no todo el oxígeno abandona la sangre, pues también ésta pasa con demasiada rapidez

por el hecho capilar para llegar a un equilibrio completo, de lo que resulta que en los tejidos queda cierta cantidad de oxígeno residual. La sangre venosa que alcanza los pulmones tiene una tensión de oxígeno de unos 40 mm. A la tensión de oxígeno de la sangre arterial (100 mm) cada 100 ml contiene 19 ml de oxígeno; a la de la sangre venosa (40 mm). Cada 100 ml contiene 12 ml; la diferencia de 7 ml representa la cantidad de oxígeno *entregada a los tejidos* por cada 100 ml de sangre. De esto se calcula que los cinco litros de sangre de un organismo humano puede suministrar unos 350 ml de oxígeno cada vuelta.

Transporte de bióxido de carbono por la sangre.

El transporte del bióxido de carbono plantea al organismo un problema especial, por el hecho de que cuando este gas se disuelve, reacciona reversiblemente con agua para formar ácido carbónico.



Las células del hombre en reposo elaboran unos 200 ml de bióxido de carbono por minuto. Si esta cantidad tuviese que disolverse en el plasma (el cual sólo puede llevar en solución 4.3 ml de CO₂ por litro), la sangre tendría que circular a razón de 47 litros por minuto en vez de los cuatro o cinco. Además, dicha cantidad de bióxido de carbono daría a la sangre un pH de 4.5, condición imposible, pues las células únicamente viven dentro de un corto margen en el lado alcalino de la neutralidad (entre pH de 7.2 y 7.6). Las propiedades especiales de la hemoglobina permiten que cada litro de sangre transporte unos 50 ml de CO₂ desde los tejidos hasta los alveolos, con solo unas pocas centésimas de diferencia en la unidad pH entre las sangres arterial y venosa. Parte de este bióxido de carbono forma unión química suelta con la hemoglobina (*carbaminohemoglobina*), en tanto otra pequeña cantidad se encuentra en forma de ácido carbónico, pero la mayor parte de éste último es transportado como ion bicarbonato, HCO₂⁻. El CO₂ producido por las células se disuelve en el lí-

quido intersticial formado H₂CO₃ reacción catalizada por *anhidrasa carbónica*. El H₂CO₃ es neutralizado por los iones sódicos o potásicos liberados cuando la oxihemoglobina se transforma en hemoglobina. La primera es de acidez más intensa que la segunda, de modo que algunos cationes, sodio o potasio se desprenden, así que la oxihemoglobina se disocia en oxígeno y hemoglobina. Es en extremo interesante considerar que en el curso de la evolución un solo compuesto químico, la hemoglobina, ha sido elaborado con todas las características necesarias para hacer posible la respiración en el múltiple sentido de llevar oxígeno, de trasladar bióxido de carbono y de mantener constante el pH de la sangre a través de todo el proceso.

El bióxido de carbono pasa de los tejidos a la sangre y luego a los pulmones por difusión, desde regiones de gran tensión hasta otras de tensión más reducida. La tensión de este gas en los tejidos es de unos 60 mm de mercurio; en la sangre venosa, de unos 47 mm, y en los alveolos de unos 35 mm de mercurio. En la sangre arterial, la tensión de CO₂ es aproximadamente de 41 mm de mercurio, de modo que la sangre lo contiene en cantidades notables después de haber pasado por los pulmones.

Cualquier proceso que obstaculice la eliminación de bióxido de carbono por los pulmones (como la neumonía) origina aumento de la concentración de ácido carbónico y bicarbónico). Este trastorno conocido con el nombre de *acidosis respiratoria*, no implica que la sangre sea realmente ácida (todavía se encuentra en el lado alcalino de la neutralidad), pero hay descenso de sus reservas alcalinas (especialmente del sodio). La acidosis ocurre también en la diabetes, pero en esta enfermedad el trastorno no es una acidosis respiratoria, es decir, dificultad para desembarazarse del bióxido de carbono en los pulmones, sino una acidosis metabólica dependiente de producción excesiva de ácidos por parte de los tejidos como consecuencia de la perturbación en el metabolismo de los hidratos de carbono.

Asfixia.

La asfixia aparece siempre que se interrumpe el suministro del oxígeno a los tejidos o si hay dificultad de que estos lo utilicen. Por consiguiente, la causa de la asfixia puede estar en el mismo pulmón, en la sangre o en los tejidos. Si el sujeto se ahoga por inmersión, los alveolos se llenan de agua, en tanto en la neumonía están invadidos por líquido intersticial, con resultado equivalente de que no hay admisión de oxígeno. En la intoxicación por el monóxido de carbono la asfixia se debe a que este gas se une a la hemoglobina, por lo cual ya no es apta para que transporte oxígeno a las células. En el envenamiento por el cianuro la asfixia resulta de la inactivación de una de las enzimas presentes en todas las células (citocromo oxidasa), eslabón importante en la cadena enzimática que rige la utilización del oxígeno por los tejidos.

a).- Mencione y explique todas las estructuras del aparato respiratorio en humanos.

b).- Explique el transporte de oxígeno por la sangre.

c).- ¿Cuáles son las enfermedades del aparato respiratorio?

REPRODUCCIÓN EN PLANTAS Y ANIMALES.

INTRODUCCIÓN.

La reproducción es una característica de los seres vivos destinada a la conservación y perpetuidad de las especies. Esta importantísima misión se lleva a cabo en muy variadas formas según la especie; formas que estudiaremos en esta unidad.

OBJETIVOS.

- 1.- Explicar cada una de las partes del ciclo de la vida de un helecho y un musgo.
- 2.- Definir las dos clases de plantas con semilla.
- 3.- Enunciar las estructuras más importantes de una flor.
- 4.- Explicar la polinización y fecundación.
- 5.- Explicar la germinación en plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas.
- 6.- Explicar el ciclo de desarrollo y reproducción en obelia.
- 7.- Describir el sistema reproductor en anfibios.
- 8.- Explicar la fecundación en anfibios.
- 9.- Explicar los tres tipos de desarrollo embrionario en mamíferos.
- 10.- Describir el aparato reproductor masculino y femenino humano.

- 11.- Explicar la ovulación y el ciclo menstrual del sistema reproductor femenino en el humano.
- 12.- Explicar la fecundación e implantación del embrión en el humano.
- 13.- Explicar el desarrollo embrionario, hasta el nacimiento en el humano.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende los capítulos 21, 22 y 23 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia cuidadosamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y el coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada tema de los capítulos 21, 22 y 23; la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audio visual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación manual.

CAPÍTULO XXI

REPRODUCCIÓN DE PLANTAS.

En este capítulo exploraremos algunos modelos básicos de la reproducción y desarrollo de las plantas. Es evidente que hay distintos grupos de plantas, cada uno con su propio modelo de reproducción y desarrollo. Sin embargo, un grupo de plantas con semilla utiliza un modelo que ha demostrado ser superior a los demás. De ahí que las plantas con semilla dominan nuestros paisajes. Por eso dedicaremos nuestra exposición a los modelos básicos por los cuales se reproducen y desarrollan las plantas con semillas y sólo hablaremos brevemente sobre dos de los modelos más "primitivos".

21-1 LOS MUSGOS Y LOS HELECHOS.

Cantidad de pruebas fósiles muestran que las plantas con semilla no siempre han dominado nuestro paisaje. Durante los períodos Devónico y Carbonífero crecieron sobre la Tierra extensos bosques de helechos y colas de caballo. Los musgos y otras plantas pequeñas cubrían el suelo de los bosques.

Estudiaremos el ciclo de vida de un musgo característico y de un helecho también típico. Aunque sean plantas modernas es razonable suponer que se reproducen en forma muy semejante a como lo hicieron sus ancestros.