

Guía Práctica

Árbol bronquial

Trabajen en grupo para responder las siguientes preguntas, utilizando la herramienta GeoGebra disponible en el siguiente enlace: <https://www.geogebra.org/m/z8b84re3>. Mueve el deslizador que indica la cantidad de generaciones para encontrar la respuesta en cada caso:

1. Utilicen el recurso de GeoGebra para validar los resultados obtenidos en las preguntas trabajadas en la Hoja de actividad.
2. Si de la generación 1 a la 19, se denominan bronquiolos, ¿cuántos bronquiolos hay en el árbol bronquial?
3. De la generación 17 a la 19, se denominan bronquiolos respiratorios, ¿cuál es el largo de cada uno de estos bronquiolos respiratorios?
4. ¿Cuál es el volumen de un bronquiolo de la generación 7?
5. Respecto a la zona de conducción, ¿cuál es el área y volumen de esta zona?
6. Suponiendo que esta estructura de cilindros se mantiene en la zona de respiración, ¿cuál sería el área y volumen de esta zona?
7. La Capacidad Residual Funcional (FRC) es el volumen del aire presente en los pulmones al final de la espiración. Para una persona de 70 kg es aproximadamente de 2.100 cm^3 de aire. ¿Qué tan cercana es la aproximación que obtenemos a través del recurso de GeoGebra? ¿Cómo explicarían la diferencia?

Solucionario

- Eje. 1**
- Preguntan por los bronquiolos terminales, los cuales son los de la generación 16. Por cada bifurcación se multiplica por 2 los conductos de la generación anterior, una multiplicación iterada, por lo tanto es una potencia cuyo exponente es el número de generación. Por tanto, hay $2^{16} = 65.536$ bronquiolos terminales.
 - Los sacos alveolares se forman en la generación 23, por lo que aproximadamente en los pulmones hay $2^{23} = 8.388.608$ sacos alveolares.
 - El largo del conducto disminuye a $\frac{5}{6}$ respecto a la generación anterior, esto es progresivo y se puede escribir como $120 \cdot \left(\frac{5}{6}\right)^g$. Como preguntan por los bronquiolos terminales, que son los de la generación 16, sus largos son $120 \cdot \left(\frac{5}{6}\right)^{16} = 6,49$ mm.

Por otro lado, el radio del conducto disminuye a $\frac{4}{5}$ respecto a la generación anterior, se puede escribir como $9 \cdot \left(\frac{4}{5}\right)^{16} = 0,253$ mm. Ambos valores coinciden con los que entrega el recurso GeoGebra.
 - El volumen de un cilindro se puede calcular como $\pi \cdot R^2 \cdot L$. De la pregunta anterior, tenemos que para los bronquiolos terminales $L = 6,49$ mm y $R = 0,253$ mm, con esto podemos determinar que el volumen de un bronquiolo terminal es aproximadamente $1,31 \text{ mm}^3$, valor que coincide con el recurso.

De la pregunta 1, tenemos que hay 65.536 bronquiolos terminales. Para saber el volumen total de estos bronquiolos tenemos que considerar el volumen de todos ellos esto es $1,31 \cdot 65.536 = 85.852,16$.

El valor del recurso es 85.758,21, la diferencia se debe a que GeoGebra trabaja los números con todos sus decimales y aproxima al final, y nosotros para el cálculo solemos aproximar los valores antes de operarlos.
 - Aproximamos los conductos a cilindros. Para determinar el área de un cilindro se considera la superficie lateral del cilindro y sus dos caras circulares. Para determinar el área de los bronquiolos debemos considerar solo la superficie lateral, debido a que es un conducto, por lo cual no cuenta con las caras circulares. La superficie lateral del cilindro corresponde al área del rectángulo de lados $2\pi \cdot R$ y L , por lo que se puede calcular como $2\pi \cdot R \cdot L = 10,32 \text{ mm}^2$. Para tener el área de todos los bronquiolos terminales debemos multiplicar por la cantidad de bronquiolos esto es, $10,32 \cdot 65.536 = 676.331,52 \text{ mm}^2$.

Las diferencias de los valores con el recurso se deben a lo explicado anteriormente.

Eje. 2	Usando el recurso, movemos el deslizador hasta $g = 19$, obteniendo los valores relacionados con esa generación. Al final, aparecen los valores totales hasta la generación 19, y dice Total de conductos = 1.048.575. Este valor se obtiene sumando todos los conductos de la generación 1 a la 19, $1+2+4+8+\dots$
Eje. 3	El largo de los bronquiolos de la generación 17, 18 y 19, se obtienen moviendo el deslizador para cada generación mencionada: Largo $g = 17$, es 5,41 mm. Largo $g = 18$, es 4,51 mm. Largo $g = 19$, es 3,76 mm.
Eje. 4	Moviendo el deslizador hasta la generación 7, obtenemos que el largo de un bronquiolo de esta generación, que es 33,49 mm
Eje. 5	La zona de conducción comprende de la generación 0 a la generación 16. El recurso nos entrega el valor del área y volumen total al mover el deslizador hasta la generación 16, donde dice "Totales hasta la generación 16". Área zona conducción: $1.343.929,56 \text{ mm}^2 = 1,34 \text{ m}^2$. Volumen zona conducción: $914.087,18 \text{ mm}^3 = 914,09 \text{ cm}^3$.
Eje. 6	El recurso nos entrega los valores totales, pero la zona de respiración comprende de la generación 17 a la 23. Para el área y volumen de la zona de respiración tomamos los valores totales para la generación 23 y restamos los valores totales de la zona de conducción: Área zona respiración= $10.134.179,1 - 1.343.929,56 = 8.790.249,54 \text{ mm}^2$. Volumen zona respiración= $1.697.697,69 - 914.087,18 = 783.610,51 \text{ mm}^3$. Área zona respiración = $8,79 \text{ m}^2$. Volumen zona respiración = $783,61 \text{ cm}^3$.
Eje. 7	El modelo determinado por el recurso de GeoGebra nos da un volumen total de $1.697,7 \text{ cm}^3$ y el volumen estimado para una persona de 70 Kg es aproximadamente 2.100 cm^3 . La diferencia entre ambos es de $402,3 \text{ cm}^3$, esta diferencia se puede explicar con diversos factores, entre ellos: • El modelo aproxima a cilindros todos los conductos hasta la generación 23, sin embargo, en la zona de respiración comienzan a aparecer los alvéolos los cuales su forma tiene mayor similitud a esferas que a cilindros. • El sistema respiratorio está en constante movimiento, cada vez que inspiramos y exhalamos, entra y sale una cantidad de aire que va variando respecto a las actividades que realizamos, e incluso cambia si suspiramos, porque la cantidad de aire que ingresa y sale cambia. Debido a la función del sistema respiratorio, este es flexible en toda su estructura, incluyendo el árbol bronquial.

-
- El aire, como gas se comprime y expande, por lo que cambia el volumen que ocupa respecto al recipiente, por lo que la Capacidad Residual Funcional, no necesariamente determina el volumen del árbol bronquial.
 - Los valores iniciales de 120 mm y 9 mm para el largo y radio de la tráquea, también son valores aproximados para cierta población humana, y no necesariamente corresponde a la situación planteada de una persona de 70 Kg.
-