

MEDICION DEL METABOLISMO DE PEQUEÑOS ORGANISMOS

S.M.R. Bertoluzzo, F.E. Quattrin, M.G. Bertoluzzo, R.O. Rigatuso, J. Luisetti, M. Natalia Lisa.

Grupo de Investigación: Taller de Física: Una Alternativa Pedagógica
Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Suipacha 531-2000 Rosario.
mgbysmb@cable.net.com.ar

En el presente trabajo se mide el metabolismo de un organismo vivo: un crustáceo. Para ello se introdujo el crustáceo en una cámara cerrada, construida para tal fin. La misma consta de dos tubos de ensayo unidos por un capilar en el cual se introdujo una gota de aceite. En uno de los tubos se colocó el crustáceo, que al respirar consume moléculas de oxígeno del aire y libera dióxido de carbono. En general la cantidad de moléculas que devuelve al medio es menor que las que extrae del mismo. Esto trae como consecuencia una disminución de la presión interior de la cámara. Esta caída de presión nos permitió medir el metabolismo. Conociendo la temperatura del agua que rodea a la celda y la distancia que se desplaza la gota de aceite debido a la caída de presión, se determinó el número de moléculas que respira el crustáceo. Posteriormente, se introdujo hidróxido de sodio, y se determinó la proporción del dióxido de carbono producido y el oxígeno consumido (cociente respiratorio), el cual es una determinación fundamental en el metabolismo.

In this paper the metabolism of a living organism, a pillbug, is measured. The specimen was introduced in a closed camera built for that purpose. The camera consists of two tubes joined by a capillary in which an oil drop was deposited. The specimen was introduced in one of the tubes. When the specimen breathes it consumes oxygen molecules from the air and liberates carbon dioxide. In general, the amount of molecules liberated to the medium is smaller than that of the molecules extracted from it. This produces a reduction of the interior pressure of the camera. This pressure fall allows measure the metabolism. The number of molecules the specimen breathes can be determined if the temperature of the water that surrounds the apparatus and the displacement of the oil drop, are known. Then, Na OH is introduced to determine the carbon dioxide produced and the oxygen consumed (respiratory rate), which constitute a fundamental determination in the metabolism. The relationships between the metabolic rate and the organism's mass is also determined.

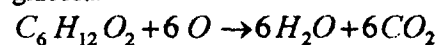
INTRODUCCIÓN

Todos los seres vivos necesitan energía para mantener los procesos vitales. Las plantas verdes obtienen su energía directamente del sol mediante el proceso de fotosíntesis. Las plantas que no utilizan la fotosíntesis, como los hongos y los animales, necesitan alimentos capaces de proporcionar energía química. Pero tanto las plantas como los animales operan dentro de las limitaciones impuestas por la termodinámica. La primera ley de la termodinámica proporciona un esquema conveniente para catalogar los factores que intervienen en el complejo tema del metabolismo.¹

De los alimentos consumidos los animales obtienen la energía necesaria para realizar las funciones vitales. La mayor parte de la energía consumida por el animal en reposo se convierte directamente en calor. El resto se utiliza para producir trabajo en el interior del cuerpo y se convierte después en calor. Los materiales de los alimentos no son utilizados directamente

por el cuerpo, sino que se convierten primero en ATP que puede ser consumido directamente por los tejidos. En esta transformación se pierde aproximadamente el 55% de la energía interna en forma de calor. El 45% restante queda disponible para realizar trabajo interno en los órganos del cuerpo o para hacer que se contraigan los músculos que mueven el esqueleto y realizar así trabajo sobre los objetos exteriores.

Una manera de medir con cierta precisión la tasa de cambio de la energía interna es observar la tasa de consumo de oxígeno para convertir el alimento en energía y materiales de desecho. Así por ejemplo, en la oxidación directa de la glucosa:



180 gramos de glucosa (1 mol), se combinan con 134,4 litros de gas oxígeno para formar

dióxido de carbono y agua, y liberan 686 Kcal de energía.²

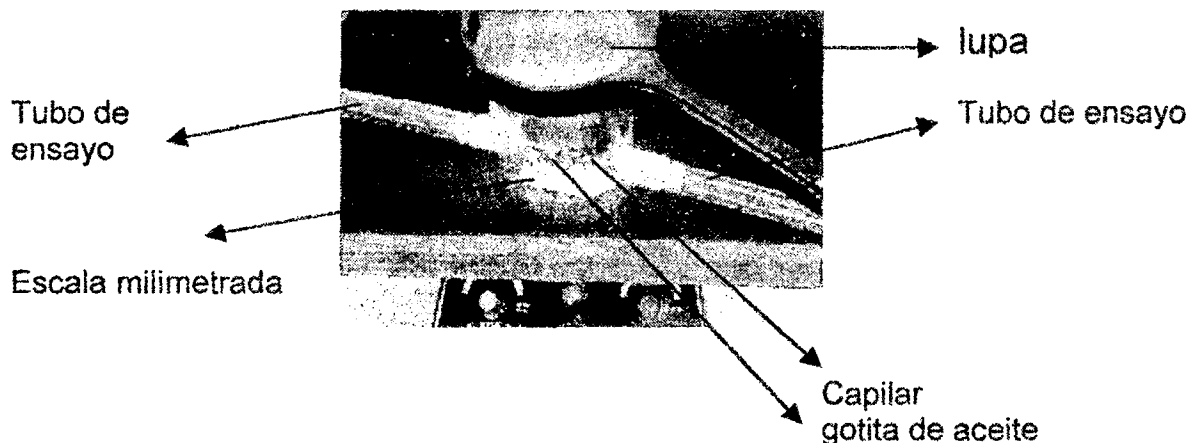
Si consideramos la relación entre la energía liberada y el oxígeno consumido, se obtiene el llamado equivalente calórico del oxígeno.

En un animal las oxidaciones tienen lugar en largas sucesiones de cambios químicos; aún así, es característica de la reacción global la utilización de oxígeno más los alimentos y la producción de dióxido de carbono como subproducto gaseoso. Este gas resulta nocivo para los organismos animales, por ello es espirado por los pulmones, facilitando una medición precisa de la rapidez de cambio con el tiempo del proceso de oxidación. El ritmo metabólico (RM), es la energía consumida en la unidad de tiempo como consecuencia de los procesos del metabolismo.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Cuando se coloca un organismo en una cámara estanca, al respirar, toma moléculas de oxígeno del aire y libera dióxido de carbono. Generalmente vuelven al aire menos moléculas de las que se extraen del mismo. La pérdida resultante relaja la presión en el interior de la cámara.

Esta caída de presión es un punto clave para determinar el metabolismo y puede observarse fácilmente mediante el siguiente dispositivo, (aparato de *Warburg*).³



Este instrumento consta de dos tubos de ensayo, provistos de tapones y conectados por un tubo capilar. Primeramente en uno de los tubos se coloca el insecto cuyo ritmo metabólico quiere determinarse y se mide la cantidad de moléculas de gas que se consumen.

Como el dispositivo es sensible a pequeñas diferencias de temperatura entre los tubos de

ensayo, para garantizar que ésta sea igual en ambos, sumergimos el dispositivo en un baño de agua que actúa como refrigerante. Para aminorar aún más el efecto de los gradientes de temperatura, mantenemos el agua en agitación suave con ayuda de un agitador termostático.

Una gotita de aceite introducida entre ambos capilares se desplaza en respuesta a las diferencias de presión entre los tubos de ensayo. Por tanto, como la respiración de un insecto en uno de ellos da lugar a un descenso de la presión en este tubo, la gotita de aceite se desplazará hacia él.

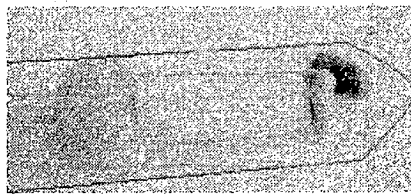
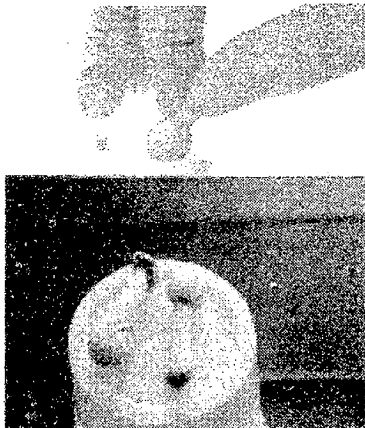
El volumen de aire que respira el organismo, resulta igual al desplazamiento de la gota de aceite por el área del capilar:

$$\text{Vol}_{\text{aire inspirado}} = \text{Area} \times \Delta L$$

Para determinar el ritmo metabólico es necesario determinar el oxígeno consumido, y esto resulta igual al número de moléculas de dióxido de carbono exhaladas. Por eso introducimos, en ambos tubos de ensayo, en pequeños envoltorios, Na(OH) que consumirá el CO₂ de la exhalación del individuo tan pronto como es producido.

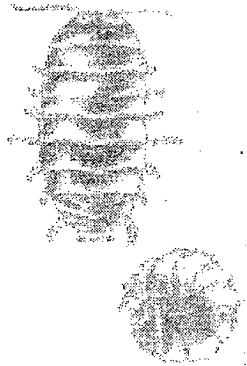
Como productos de esta reacción se obtiene un residuo sólido de Na₂CO₃ y agua que empaña las paredes de los tubos dando la sensación como de que el Na(OH) se estuviera

derritiendo. De manera que el volumen de oxígeno resulta igual a la diferencia de volúmenes registrados en presencia de Na(OH) y en ausencia del mismo.



Pequeños envoltorios con Na(OH), que una vez colocados en los tubos de ensayo, permiten determinar el consumo de oxígeno.

Podemos recurrir a este montaje para medir el metabolismo de una variedad de individuos pequeños: escarabajos, hongos, semillas, moho del pan..., aunque en este caso ha sido realizado con los llamados "bichos bolita" (*Porcellio scaber*, crustáceo del orden Isopoda).

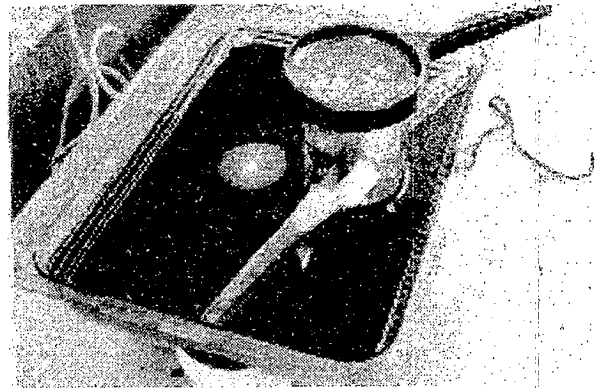


RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El número de moléculas que respira el organismo (ΔN) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta N = \frac{p A \Delta L}{RT}$$

donde p es la presión atmosférica, A el área interna de la sección del tubo capilar, ΔL es la



Dispositivo experimental

distancia que recorre la gotita, T es la temperatura del baño y R la constante de los gases.

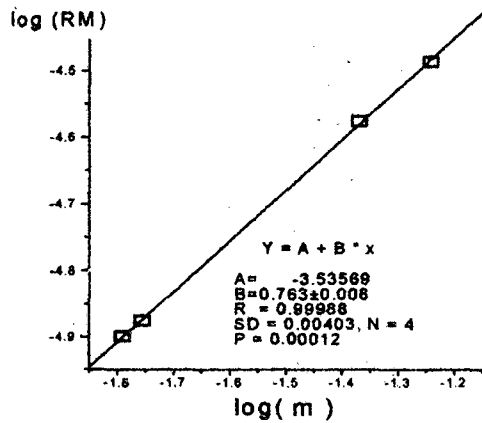
A partir del número de moléculas que respira el organismo, obtenemos el volumen de oxígeno por unidad de tiempo. Teniendo en cuenta que un litro de oxígeno equivale en promedio a 4,8 kcal consumidas, para un organismo de masa igual a $(0,0572 \pm 0,0001)$ g; el ritmo metabólico resultó ser de $(3,1 \pm 0,1) \times 10^{-5}$ kcal/h.

*Para determinar el metabolismo, en este caso, utilizamos los llamados comúnmente "bichos bolita" (*Porcellio scaber*, crustáceo del orden Isopoda).*

Los datos obtenidos ajustan satisfactoriamente con la ley de escala que caracteriza al ritmo metabólico⁴,

$$RM \propto M^{3/4}$$

Esta ley de escala se puede derivar de un modelo general que describe cómo los materiales esenciales son transportados a través de tubos ramificados con geometría fractal.⁵



Gráfica del logaritmo del ritmo metabólico(RM) en función de l logaritmo de la masa de los individuos(m).

Referencias

- 1- Cicardo,V.- Física Biológica -Lopez Libreros Editores.
- 2- Strother,G. -Física - Mc. Graw Hill.
- 3-Carlson,Shawn – Experimentos para medir el metabolismo de pequeños organismos- Scientific American N°233.
- 4- Williams, Nigel – Fractal Geometry Gets the Measure of Life's Scales- SCIENCE- - Vol 276. (1997)
- 5- West, G. et al. – A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology- SCIENCE - Vol 276.(1997)