

---

# Uso de una técnica sencilla de determinación de CO<sub>2</sub> en primer año de la carrera universitaria de Biología

## Use of a simple CO<sub>2</sub> determination technique in first year of the course of studies of Biology at University

---

*Celia Tognetti*

Cátedra de Biología General. Universidad Nacional del Comahue. Centro Regional Universitario Bariloche. E-mail: c.tognetti@crub.uncoma.edu.ar

### Resumen

Se describe el trabajo práctico de respiración celular utilizado en la materia Biología General, de primer año de las Carreras de Profesorado y Licenciatura en Ciencias Biológicas del Centro Regional Universitario Bariloche de la Universidad Nacional del Comahue. En este trabajo práctico los alumnos formulan una pregunta relacionada con la actividad respiratoria de distintos organismos en diversas condiciones ambientales. Luego contestan la pregunta, siguiendo los pasos del método científico y usando una técnica que mide la producción de CO<sub>2</sub> en sistemas cerrados. Esta es una propuesta integradora e interdisciplinaria que incentiva la participación activa de los alumnos en el proceso enseñanza-aprendizaje.

**Palabras claves:** respiración celular, sistema cerrado, trabajo práctico, universidad.

### Abstract

The laboratory work of cellular respiration used in the subject General Biology, a first year course of Teacher Training and Licensee in Biological Sciences in Bariloche University Regional Centre of the National University of Comahue, is described. In this practical work, the students ask a question related to the respiratory activity of different organisms in several environmental conditions. Then, they answer the question, following the steps of the scientific method and using a technique that measures the CO<sub>2</sub> production in closed systems. This is an integrating and interdisciplinary proposal that promotes the active participation of students in the teaching-learning process.

**Key words:** cellular respiration, closed system, laboratory work, university.

### Introducción

El método científico no es uno solo, sino que es un conjunto de tácticas empleadas para construir el conocimiento (Klimovsky, 1995). Dentro de esta variedad de estrategias, las Ciencias Naturales suelen recurrir a un instrumento común, el método hipotético-deductivo, que incluye una serie de pasos: observación o planteo de un problema, formulación de una hipótesis, deducción de consecuencias a partir de la hipótesis (predicciones) y contrastación empírica de las predicciones (Klimovsky, 1995). La contrastación empírica o experimentación, además de ser uno de los pasos fundamentales de este método, es un recurso didáctico clave para la enseñanza de las Ciencias Naturales (Plante, 2005). Por ello, las "clases prácticas" están ineludiblemente ligadas a la enseñanza de esta disciplina (Fesquet, 1971). Sin embargo, muy a menudo, los alumnos realizan

experimentos o experiencias de laboratorio de manera mecánica, familiarizándose con el equipamiento técnico y algunos procedimientos, pero sin llegar a la comprensión conceptual del tema tratado (Gellon, 2005). Esto se torna aun más marcado cuando todos los experimentos llevados a cabo son del tipo demostrativo, es decir que se realizan meramente para confirmar lo que el docente explicó en el pizarrón.

En la parte práctica de la materia Biología General, de primer año de las Carreras de Profesorado y Licenciatura en Ciencias Biológicas del Centro Regional Universitario Bariloche de la Universidad Nacional del Comahue, se busca hacer frente a esta situación, intentando que el alumno se involucre total y activamente con los fenómenos de la naturaleza, para llegar a comprenderlos exhaustivamente. Para ello, en muchos de los 13 Trabajos Prácticos (TP) que se realizan en la

materia, se hace especial énfasis en el uso del método científico, desde un enfoque hipotético-deductivo, como herramienta didáctica (Gobbi et al., 2006). Esta estrategia didáctica favorece que los alumnos se comprometan con la actividad y lleguen a un conocimiento más profundo del tema de estudio (Gellon, 2005; Marsulo et al., 2005) y que el aprendizaje logrado sea de tipo significativo, es decir que se incorpore a las estructuras de conocimiento que posee el alumno (Ausubel, 1973). Además, resulta una estrategia oportuna para la puesta en práctica de procedimientos (búsqueda bibliográfica, sistematización de información, análisis de datos, etc.) y actitudes (indagación, reflexión crítica, etc.), útiles tanto para un posible futuro trabajo científico y/o docente, como para la comprensión e interacción con el mundo que nos rodea.

Un ejemplo de TP en el cual se implementa esta estrategia didáctica en la materia es el de respiración. En este caso, los alumnos siguen los pasos del método delineados anteriormente, para abordar una pregunta relacionada con la respiración. La pregunta y los tratamientos son propuestos por los alumnos, con la única restricción de que la contrastación empírica de las predicciones debe incluir el uso de la técnica de medición de la actividad respiratoria presentada por la cátedra. A continuación se describe el TP, dando algunos ejemplos de los resultados obtenidos, y se discute importancia que tiene este tipo de propuesta para lograr en los alumnos un aprendizaje significativo.

## Fundamentos y objetivos del Trabajo Práctico

La respiración celular es el proceso por el cual los seres vivos obtienen energía a partir de la glucosa. Esta energía, que se almacena en forma de ATP, es liberada gradualmente mediante una serie de reacciones de óxido reducción, usando, en el caso de los eucariontes, al  $O_2$  como aceptor final de electrones (Figura 1) (Purves et al., 2003). Como indicadores de la actividad respiratoria, se puede

cuantificar el consumo de sustratos o generación de productos de las reacciones involucradas (Figura 1).

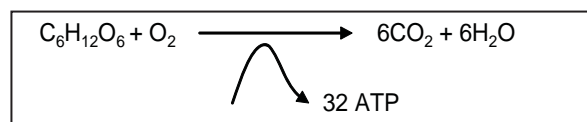
En este TP, se utiliza como indicador la producción de  $CO_2$  en sistemas cerrados. Esta técnica se propuso originalmente para la evaluación de la actividad respiratoria de suelos (Parkin et al., 1996; Rice et al., 1996; Frioni, 1999), pero la Cátedra de Biología General la ha modificado para cuantificar la producción de  $CO_2$  de otros organismos, que no necesariamente están en el suelo. Los objetivos del TP son que los alumnos puedan:

- Evidenciar la actividad respiratoria de diferentes organismos en diversas condiciones ambientales.
- Ejercitarse en el uso del método científico (hipotético deductivo): formulación de una pregunta, hipótesis explicativas y predicciones, diseño de un experimento que responda a las predicciones planteadas, elaboración de resultados y conclusiones.
- Relacionar distintos conceptos y procesos biológicos que ha estudiado durante la cursada.

## Desarrollo del trabajo práctico

El TP se divide en dos clases de laboratorio de 3 horas cada una. En la primera clase, se presenta a los alumnos una lista de la cual pueden elegir tanto los organismos vivos y condiciones ambientales para el trabajo a realizar (Tabla 1). Esta lista de temas no es excluyente y se incentiva a que los alumnos propongan temas alternativos o traigan materiales de interés de sus casas o jardines. A partir de este listado, los alumnos, trabajando en grupos, formulan una pregunta, plantean posibles hipótesis explicativas y elaboran predicciones. A continuación, montan el ensayo de respiración (ver sección siguiente), ajustando la metodología a sus hipótesis de trabajo.

El segundo día del práctico, que debe ser 3-5 días luego del primero, los alumnos levantan los ensayos, registran y analizan los resultados y contrastan sus hipótesis de trabajo.



**Figura 1.** Reacción general de la respiración.

Organismos propuestos	
Tipo de organismo	Ejemplos
Microorganismos	Mohos, levaduras, microflora del suelo
Macroorganismos	Lombrices, tijeretas, bichos bolita, babosas, caracoles
Plantas	Pasto, hojas, frutos, semillas
Condiciones ambientales	
Condición	Ejemplo
Nutrientes/alimento	Suelo infertil vs. Suelo fértil. Levadura en solución azucarada vs. Levadura en solución sin azúcar Preferencia alimenticia de algún macroorganismos
Humedad	Semillas remojadas vs. Semillas sin remojar Plantas con diferentes niveles de riego
Luz	Planta con luz vs. Planta sin luz
Temperatura	Actividad de macroorganismos a diferentes temperaturas

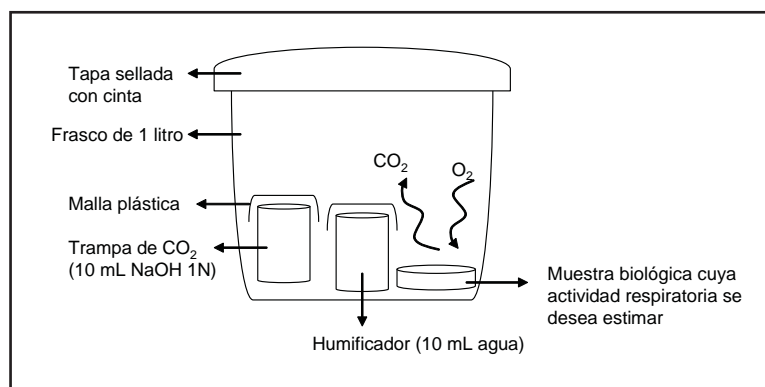
**Tabla 1.** Temas de estudio propuestos para el TP de respiración.

## Descripción de la técnica de respiración

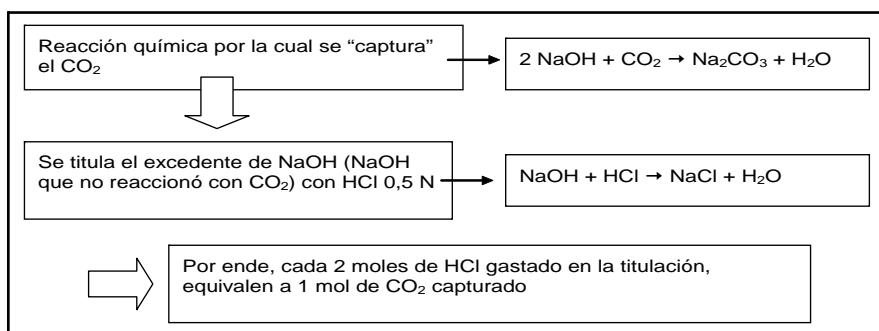
Para cada tratamiento, en un frasco de 1 litro se coloca: (i) un recipiente con los organismos cuya actividad respiratoria se desea evaluar, (ii) una “trampa de CO<sub>2</sub>”, que es un recipiente con 10 mL hidróxido de sodio (NaOH) 1 N y (iii) un “humificador”, que es un recipiente con 10 mL de agua destilada, para evitar desecación del ambiente (Figura 2, Figura 3).

Se cierra el frasco y se sella con cinta de embalar. Si los organismos son móviles, es necesario cubrir la trampa de CO<sub>2</sub> y el humificador con malla plástica. También se debe incluir un blanco, que servirá para calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> respirado.

El blanco se prepara de igual manera que los demás tratamientos, pero sin los organismos. Los frascos se incuban en las condiciones ambientales deseadas durante 3-5 días. Pasado dicho período, se abren de a uno, se agrega 10 mL de cloruro de bario (BaCl<sub>2</sub>) 0,75 M a la trampa de CO<sub>2</sub>, y se titula la solución con ácido clorhídrico (HCl) 0,5 N, usando fenolftaleína como indicador. Se resta el volumen de ácido gastado por la muestra al volumen gastado por el blanco y luego se calcula la producción de CO<sub>2</sub> del sistema cerrado (mg de CO<sub>2</sub> por unidad de biomasa) teniendo en cuenta reacciones ocurridas (Figura 3). En la Figura 3, las reacciones con el BaCl<sub>2</sub> no se tuvieron en cuenta por no intervenir en las reacciones con el CO<sub>2</sub>.



**Figura 2.** Sistema cerrado usado para capturar y cuantificar el CO<sub>2</sub> generado por los organismos estudiados.



**Figura 3.** Reacciones más importantes involucradas en la captura y cuantificación del CO<sub>2</sub>.

### Cierre del trabajo práctico

Una vez analizados los datos y contrastadas las hipótesis, cada grupo expone oralmente ante sus compañeros el trabajo realizado. Para ello, disponen de 5 a 10 minutos y parten desde las hipótesis, explicitan las predicciones, pasan por la metodología y finalmente discuten los resultados y conclusiones. Se incentiva a que los demás grupos hagan aportes constructivos, particularmente en relación a las limitaciones de la técnica o metodología empleada. En algunos años, también se ha pedido que cada grupo realice un informe escrito, siguiendo las pautas para la escritura de un artículo científico (Martínez, 2004). También se suele incluir un "parcialito", que es una actividad individual y escrita que incluye dos preguntas, la primera referida a la técnica de respiración utilizada durante el práctico y la segunda que intenta evidenciar si el alumno ha podido realizar conexiones entre distintos conceptos/procesos biológicos, por ejemplo, la respiración y la fotosíntesis.

### Ejemplos de algunos resultados obtenidos por los alumnos

En la Tabla 2 se observan ejemplos de diferentes temas de trabajo que han propuesto los alumnos. Los temas son diversos y se obtienen resultados muy interesantes. Además, en muchos casos, se evidencia como, a través de esta actividad, se pueden relacionar temas que muchos alumnos perciben como aislados o inconexos. Quizás, el más claro ejemplo es el caso en el cual se evalúa la actividad respiratoria de plantas. En este caso, los alumnos deben contemplar en sus hipótesis el proceso de fotosíntesis, que recaptura parte del CO<sub>2</sub> liberado por la respiración. En este ejemplo,

no será lo mismo que las plantas estén en un ambiente luminoso que en la oscuridad.

### Importancia de la propuesta didáctica

En este TP se usa el método científico, en su variante hipotético-deductivo, como herramienta didáctica específica para la enseñanza de la respiración. El hecho de que los alumnos elijan sus propias preguntas y diseñen sus ensayos, los hace participar de manera activa y favorece que el trabajo posea significado para ellos. Las preguntas e hipótesis que formulan los alumnos necesariamente están relacionadas con los conocimientos que éstos poseen, es decir que a través de ellas hay una explicitación de las ideas previas con las que se acercan al fenómeno de respiración, al igual que lo hacen con otros fenómenos científicos (Pozo, 1987). Estos aspectos le brindan al material de estudio un significado en sí mismo, que según Ausubel (1973), es una condición necesaria para producir el aprendizaje significativo. A su vez, esta propuesta favorece la comprensión de la respiración como un proceso que no está aislado de otros que ha estudiado, permitiendo así la integración de diversos conceptos. Por último, permite que el alumno vea la utilidad de otras disciplinas (por ejemplo, la química y la matemática) como herramientas fundamentales para el estudio de fenómenos biológicos.

Este TP se plantea como la resolución de un problema abierto, es decir, cuyo resultado no es conocido *a priori* por los docentes. Sin embargo, sería posible trabajar esta propuesta de manera más "dirigida", especialmente en el nivel secundario. Para ello, se podría proponer una única temática de estudio, según los conceptos específicos que se deseen trabajar o integrar.

Pregunta	Resultado
¿Quién respira más, las lombrices o las babosas?	La producción de CO <sub>2</sub> por unidad de biomasa es mayor para babosas que para lombrices.
¿Las semillas secas tienen la misma capacidad respiratoria que las húmedas?	La capacidad respiratoria por semilla es mayor para las húmedas que para las secas.
¿Las plantas respiran más por la parte aérea o por la raíz? (en oscuridad)	No hay diferencias entre la respiración por gramo de biomasa de la parte aérea y la raíz.
¿Una planta libera más CO <sub>2</sub> en la luz o en la oscuridad?	La planta libera más CO <sub>2</sub> por unidad de biomasa en la oscuridad que en la luz.
¿Cómo varía la actividad respiratoria cuando se someten caracoles a diferentes temperaturas? (heladera vs. temperatura ambiente)	A temperatura ambiente la actividad respiratoria por unidad de biomasa es mayor que en la heladera.
¿Es mayor la tasa respiratoria de las levaduras en presencia de azúcar, como fuente de energía, que en ausencia de ella?	En una solución acuosa con azúcar, la levadura produce más CO <sub>2</sub> por unidad de biomasa que en una solución acuosa sin azúcar.
¿Un incendio influye en la capacidad respiratoria de un suelo?	Un suelo de bosque quemado respira menos por unidad de biomasa que el mismo suelo sin quemar.

**Tabla 2.** Algunos de los temas de trabajo propuestos por los alumnos y los resultados obtenidos.

**Agradecimientos:** A los alumnos de Biología General, cuyos aportes críticos a lo largo de los años nos permiten crecer y aprender. A P. Diehl y a los revisores anónimos, por sus importantes aportes al manuscrito.

## Referencias bibliográficas

- Ausubel, D. P. 1973. *La educación y la estructura del conocimiento*. El Ateneo, Buenos Aires.
- Frioni, L. 1999. *Procesos Microbianos*. Tomo II. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina, pp. 235-236.
- Fesquet, A. E. J. 1971. *Enseñanza de las ciencias*. Kapelusz. Buenos Aires, Argentina, pp. 140.
- Gellon, G., Rosenvasser Free, E., Furman, M. y D. Golembek. 2005. *La ciencia en el aula*. Paidós. Buenos Aires, Argentina, pp. 259.
- Gobbi, M. E., Tognetti, C. y E. E. Chaia. 2006. La enseñanza de las ciencias mediante la aplicación del método científico. *VII Jornadas Nacionales y 2º Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Neuquén, Argentina, 11-14 de Octubre, pp. 4.
- Klimovsky, G. 1995. *Las desventajas del conocimiento científico: una introducción a la epistemología*. 2da edición. A/Z. Buenos Aires, Argentina, pp. 418.
- Marsulo, M.A.G. y R.M.G. da Silva. 2005. Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimentos no ensino de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 4(3), pp. 12.
- Martínez, E. N. 2004. *Cómo se escribe un informe de laboratorio*. Eudeba. Buenos Aires, Argentina, pp. 148.
- Parkin, T. B., Doran, J. W. y E. Franco-Vizcaíno. 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. En: Doran J. W. and A. J. Jones (Eds.). *Methods for assessing soil quality*, SSSA Special publication N°49, Madison, Wisconsin, USA, pp. 231-245.
- Plante, P. 2005. Experimentación y formación de conceptos en la enseñanza de las ciencias. *Novedades educativas*. 17(179), pp. 17-22.
- Pozo, J. I. 1987. *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causa*. Visor Libros. Madrid, España, pp. 271.
- Purves W.K., Sadava, D., Orinas, G.H. y H.G. Heller. 2003. *Vida. La ciencia de la Biología*. 6ta edición, Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, pp. 1133.
- Rice, C.W., Moorman, T.B. y M. Beare. 1996. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. En: Doran J. W. and A. J. Jones (Eds.). *Methods for assessing soil quality*, SSSA Special publication N°49. Madison, Wisconsin, USA, pp. 203-214.