

La relación superficie-volumen en los homeotermos: experiencia didáctica en el laboratorio de física

Ernesto Cyrulies 

Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS), Buenos Aires, Argentina.
ecyrulie@campus.ungs.edu.ar

Mariana Schamne

Centro de Capacitación, Información e Investigación Educativa (CIE) "Malvinas Argentinas".
Buenos Aires, Argentina. marianamschamne@yahoo.com.ar

[Recibido: 17 de abril de 2020. Revisado: 4 junio 2020. Aceptado: 26 junio 2020]

Resumen: Se presenta una actividad experimental desarrollada en un curso de capacitación docente en ciencias naturales. En la misma se modelizó un fenómeno físico presente en los animales homeotermos que consiste en la mayor exposición a la transferencia de energía por calor en las crías que en los ejemplares adultos de una misma especie. Esta situación térmica tiene importantes consecuencias en el comportamiento animal. La explicación se basa en que la relación entre el área corporal del animal pequeño y la del adulto arroja un valor mayor que la relación entre los volúmenes respectivos. En la experiencia se utilizan maquetas representativas de aluminio para modelizar el fenómeno y se recurre a mediciones de temperatura por medio de hardware abierto en una experiencia de calorimetría. Se detalla la construcción de los elementos necesarios para llevarla a cabo.

Palabras clave: Homeotermos; Modelización; Hardware abierto.

The surface-volume ratio in homeothermic: didactic experience in the physics laboratory

Abstract: This work presents an experimental activity developed in a teacher training course in natural sciences. In the activity, a physical phenomenon present in the homeothermic animals was modeled, consisting of the greater exposure to heat transfer in young animals compared to adult specimens of the same species. This thermal situation has important consequences for animal behavior. The explanation is based on the fact that the relationship between the body area of the small animal and that of the adult, gives a greater value than the relationship between the respective volumes. Representative aluminum pieces are used to model the phenomenon, and open hardware is used to perform the temperature measurements in a calorimetry experiment. The construction of the necessary elements to develop it is detailed.

Keywords: Homeothermic; Modeling; Open Hardware.

Para citar este artículo: Cyrulies E., Schamne M. (2020) La relación superficie-volumen en los homeotermos: experiencia didáctica en el laboratorio de física. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 17(3), 3204 doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3204

Introducción

En la enseñanza de las ciencias naturales, un recurso importante son los modelos. Implícita o explícitamente permiten comprender, explicar y predecir fenómenos. Entre los modelos utilizados se pueden señalar aquellos propios del ámbito científico como los modelos físicos, matemáticos y los que resultan representativos de diferentes aspectos de un fenómeno o de una configuración espacial, etc. En la enseñanza suelen ser muy empleados además con propósitos comparativos para facilitar el aprendizaje los modelos analógicos que sirven de puente y recoja los atributos y relaciones comunes a los dos sistemas que se comparan (Oliva, Aragón, Mateo y Bonat 2001). En este contexto el concepto de analogía hace hincapié en la intención de apelar a conceptos de significado conocido por los alumnos (Galagovsky y Adúriz-Bravo 2001).

Justi (2006) rescata el poder de representación de las analogías en la enseñanza, sosteniendo que funcionan, no solamente como instrumentos, sino que además informan sobre lo que representan. La construcción de una estructura representativa desarrolla una forma científica de pensar que propicia el aprendizaje. Esta construcción de modelos se incorpora en un entramado de conceptos y proposiciones interrelacionados que permiten describir, explicar y prever fenómenos, en lugar de algo independiente de las observaciones o evidencias de los mismos. Estos tres atributos de la modelización se incorporan en la propuesta presentada en este trabajo, la que además se desarrolló en torno a una construcción modélica con los participantes. En relación con esto tomamos las ideas de Morrison y Morgan (1999), quienes hacen una clara distinción entre la construcción de un modelo y su uso. Las autoras sostienen que, al construirse un modelo, se crea un tipo de estructura representativa que desarrolla una forma científica de pensar. Y, al utilizar un modelo, se aprende sobre la situación que representa. Es posible además que un modelo pueda ser reconstruido con los estudiantes a partir del razonamiento propio del campo de las ciencias (formales, por ejemplo) aunque aquel ya exista o sea el que surja como único posible. Eso promueve los procesos cognitivos y el pensamiento científico en el cual se tiene, entre otros aspectos, la capacidad crítica y la revisión del propio modelo. En nuestro caso dicha construcción, previa a la experiencia, se estableció en lenguaje matemático, lo que permitió formalizarla atendiendo a que los modelos matemáticos se centran en características estructurales y principios funcionales de los objetos o situaciones de la vida real (Lehrer y Schauble 2007, Lesh y Doerr 2003).

Una actividad experimental en la enseñanza, convenientemente preparada, puede lograr que el trabajo específico de modelización permita lograr lo que Justi (2006) propone al sostener que la ciencia deja de ser algo que se lee en los libros para convertirse en una actividad mediante la cual los fenómenos se estudian de una forma activa. Un aspecto central de nuestro trabajo fue el planteo de cierto paralelismo entre lo observado en una práctica con material concreto y un fenómeno que caracteriza a los animales termorreguladores. Esto puso en juego un modelo analógico donde la representación estuvo dada por unas maquetas con las cuales se cuantificó un episodio de transferencia de energía por calor. Según Oliva (2004), la analogía debe ser concreta y, en consecuencia, debe ser susceptible de presentarse a través de una imagen o de un objeto tangible. Entendemos que además debe ser suficientemente representativo de aquellas características a resaltar del análogo, pero resultaría adecuado que sea evidente aquello con lo cual no se establece la analogía (entendiendo la gran cantidad de atributos de cualquier objeto concreto u otra entidad utilizada en el análogo). En nuestro caso, quedó establecido que sólo se tomaban ciertos aspectos geométricos específicos. Estas condiciones lo pondrían en la clasificación que oportunamente establecieron Gilbert y Osborne (1980) denominando a estos objetos *modelos a escala* o *icónicos* en los cuales las convenciones de interpretación deben ser adecuadamente explicadas ya que las inferencias del modelo al original representado son intrínsecamente precarias.

Finalmente, señalamos que la realización de actividades grupales de laboratorio con material concreto enmarcadas en prácticas científicas puede favorecer un aprendizaje más significativo y permitir explotar mucho más sus potencialidades. La sugerencia de esta estrategia de enseñanza es ampliamente sostenida por muchos autores (Woolnough 1991, García Rodríguez y Cañal de León 1995, Fuentes Gallego y García Borrás 2010, Crujeiras Pérez y Jiménez Aleixandre 2015); entendiendo que aprender significa comprender, sin limitarse a la incorporación de datos ya hechos, sino redescubriéndolos y reinventándolos desde la propia actividad de los estudiantes.

En la experiencia que presentamos se modelizó un fenómeno físico identificado en los animales homeotermos donde la exposición a la transferencia de energía por calor en las crías es mayor respecto a los ejemplares adultos de su especie. La explicación a dicho fenómeno se

encuentra en la física y se basa en que la relación entre el área corporal del animal pequeño y la del adulto da como resultado un valor mayor que la relación entre sus respectivos volúmenes (considerando las proporciones corporales esencialmente iguales). Puede demostrarse que el animal pequeño cuenta con mayor superficie expuesta al medio por unidad de masa, lo que facilita la transferencia de energía. Esto tiene sus consecuencias en el comportamiento de dichos animales, por ejemplo, movilizándolo a las hembras a cobijar instintivamente a sus crías.

Descripción de la actividad

Se desarrolló una práctica de laboratorio donde se recurrió a un método experimental con características calorimétricas, para esto se utilizaron maquetas metálicas calentadas a una temperatura definida y luego sumergidas en aceite dentro de un calorímetro casero (cámara térmica). La interpretación del tiempo de calentamiento del aceite es la clave que permitió sacar conclusiones determinantes en relación a la situación de los animales descrita en el apartado anterior.

Para la actividad se construyeron seis maquetas de aluminio; una representando al animal adulto y otras cinco, todas iguales, representativas de las crías. Las seis maquetas tienen las mismas proporciones y, como característica central, la masa total de las cinco pequeñas (10 g cada una) iguala a la de la mayor (50 g). Esto da como resultado (como luego veremos) que la superficie total de las primeras sea un 67 % más grande que la de la mayor.

La secuencia de trabajo se inicia con una primera etapa calentando la maqueta mayor a una temperatura establecida (200 °C) y luego se la sumerge en 180 mL de aceite contenido en la cámara térmica a temperatura ambiente. Esto produce el aumento gradual de temperatura del mismo hasta un nuevo valor de equilibrio en un determinado tiempo. Los datos se registran convenientemente. En una segunda etapa, se reemplaza el aceite en la misma cantidad y temperatura inicial y se repite la operación con las cinco maquetas pequeñas simultáneamente. En este caso, se alcanzará esencialmente la misma temperatura final, pero *en un tiempo menor* por existir mayor superficie de transferencia en el metal, a pesar de ser la misma masa sumergida. Es decir, se tiene una mayor tasa de transferencia en el segundo caso. Para la comparación de los tiempos entre ambas experiencias optamos por elegir una temperatura de referencia menor a la final de equilibrio.

Ésta es la esencia de la actividad, planteando un modo de comprender un fenómeno físico que tiene su explicación en un análisis geométrico (se desarrolla más abajo en lenguaje matemático). Si bien es de aplicación a otros escenarios, nosotros lo contextualizamos en una situación de estudio de los animales homeotermos. Efectivamente, si se concibe un número de crías cuya masa total sea equiparable a la de un animal adulto, aquellas se verán desfavorecidas, en términos físicos frente a la transferencia de energía al medio. Ante a esto una estrategia muy observada en el reino animal consiste en agruparse los individuos para minimizar la superficie expuesta. Entendemos que la propuesta que aquí se describe resulta concluyente sobre dicho fenómeno. La experiencia aquí presentada sólo plantea un modelo físico primario en relación a la superficie y el volumen. En el modelo no se consideran diferencias morfológicas que existen entre animales jóvenes y adultos. Además, se dejan de lado aspectos biológicos asociados que suman complejidad. Si bien nosotros lo aplicamos al caso específico de los animales, el modelo permite comprender otros fenómenos de la naturaleza y aplicaciones tecnológicas.

Modelo matemático

Para interpretar el modelo matemático que subyace en la actividad es preciso considerar dos relaciones funcionales específicas. Pongamos por caso contar con dos cuerpos de diferentes tamaños, pero de idénticas proporciones; la relación entre alguna de sus dimensiones

correspondientes (podría ser la relación entre sus longitudes) elevada al cuadrado resulta ser la relación entre sus áreas y aquella relación al cubo devuelve la relación entre sus volúmenes.

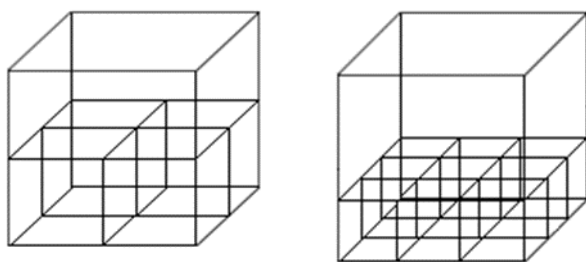


Figura 1. Esquemas de los ejemplos citados. A la izquierda, donde se muestra un “llenado parcial” puede verse que el cubo grande puede contener 8 cubos pequeños. En el caso de la derecha puede contener 27.

El caso más sencillo de visualizar, y que se propuso como orientación al inicio de la secuencia didáctica, es el de la relación entre cubos de diferentes tamaños. Se han utilizado como ejemplos los de la figura 1. El de la izquierda mide 2 unidades de lado y los que se inscriben dentro de él (se representan cuatro), miden 1. Es decir que la relación de tamaño considerando aristas es igual a 2. Pero puede verse que la relación entre volúmenes es

igual a 8 (esa es la cantidad de cubos pequeños que podrían “acomodarse” en el grande). Y, por otro lado, la relación de áreas correspondientes a ambos cubos es igual a 4. En el ejemplo de la derecha, con una relación entre aristas igual a 3, puede entenderse que la relación entre volúmenes es igual a 27 y entre áreas, 9.

Aunque estrictamente no representen una demostración, en los ejemplos precedentes puede verse que las relaciones citadas más arriba se cumplen. Luego, puede comprobarse que vale para cualquier otra forma geométrica. Aunque no resulte tan evidente como en el caso de los cubos, puede comprobarse a través del cálculo por ejemplo para cilindros u otros cuerpos sencillos. Por otra parte, resulta convincente que, si se concibe cualquier cuerpo constituido por cubos elementales, agrandando todos a una misma medida arbitraria, el nuevo cuerpo generado conservará las proporciones. Y si la relación entre volúmenes de los cubos se cumple como se mostró, también se cumplirá para el cuerpo en su totalidad.

Consideraciones técnicas del dispositivo

Una cuestión clave del trabajo es lograr la misma temperatura inicial en todas las maquetas. Para conseguir esto logramos buenos resultados colocándolas sobre una plancha doméstica en posición invertida regulada a 200 °C. En principio puede servir cualquier plancha sin ninguna intervención técnica sobre la misma (o un horno), siempre y cuando se logre el calentamiento a una temperatura bien definida. Nosotros optamos, para lograr una mayor precisión y contemplando otros usos, utilizar la base de una plancha a la que se le eliminó el corte automático de corriente (bimetálico) quedando así con conexión directa a la tensión, pero controlada con un variador de voltaje (transformador variable que puede operarse manualmente). Esta disposición, que no es imprescindible para la experiencia, resulta útil para otras aplicaciones donde se necesite calentar a una temperatura determinada (figura 2). El estado estacionario se alcanza cuando la energía eléctrica que consume iguala a la energía que pierde por calor. En nuestro caso, la temperatura de 200 °C se estabilizó con sólo 70 V (con una plancha de 220 V). La medición de aquella la realizamos a través de un termopar que equipa a un multímetro. Debe advertirse que eliminar el corte automático de la plancha ya no permite conectarla a 220 V en modo permanente, debido a que la temperatura alcanzada pondría en serio riesgo la misma.

La cámara térmica se construyó con un recipiente plástico de uso hogareño recubierto internamente con un par de capas de telgopor de alta densidad completando unos 5 cm de espesor en cada cara. Para asegurar su estanqueidad todas las aristas internas se recubrieron con sellador siliconado. Es recomendable una buena aislación térmica para minimizar las

pérdidas de energía al exterior, de modo que la transferencia de energía sea esencialmente de las maquetas al fluido. Esta situación más controlada además posibilita predecir, si se lo desea, la temperatura final de equilibrio a través de un cálculo clásico de calorimetría.

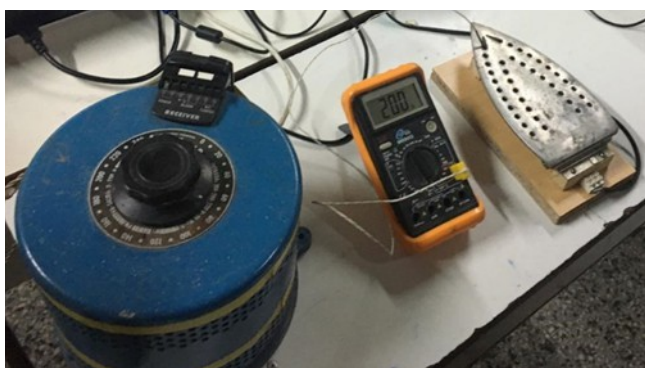


Figura 2. Sistema de calentamiento controlado por regulación de tensión. El cilindro azul es el transformador variable utilizado para alimentar la resistencia eléctrica de la plancha.

El fluido elegido fue aceite de girasol debido a su bajo calor específico en comparación con el del agua. Eso ofrece la ventaja de producir mayor aumento de temperatura para un mismo aporte energético, facilitando así la medición. Debe tenerse en cuenta además que el agua no podría usarse con la temperatura elegida para calentar las maquetas si esta última supera la de ebullición de aquella.

Para la medición de la temperatura del aceite, en principio puede servir cualquier termómetro de escala adecuada para el rango trabajado. Nosotros optamos por medirla a través de un sensor DS18B20 conectado a una placa Arduino (figura 3, izquierda). Esto tiene varias ventajas: asegura una precisión de 0,1 °C, puede leerse en una computadora el listado de datos generado en tiempo real, del mismo modo construir la curva $T(t)$, y todo esto puede guardarse como un archivo. Cabe señalar que la capacidad calorífica del sensor puede ser despreciada en el cálculo de calorimetría mencionado anteriormente. A la derecha de la figura 3 se muestra el programa utilizado. El lenguaje de programación de Arduino se escribe en una serie de sentencias de gran similitud al lenguaje C++. En su estructura se identifica un código de configuración inicial (setup) y una función que se ejecuta periódicamente durante el funcionamiento (loop).



```

temperatura Arduino 1.8.10
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
temperatura
#include <OneWire.h>

#include <DallasTemperature.h>

OneWire ourWire(2);
DallasTemperature sensors(&ourWire);

void setup()
{
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
}

void loop()
{
  sensors.requestTemperatures();
  float temp = sensors.getTempCByIndex(0);
  Serial.print("Temperatura= ");
  Serial.print(temp);
  Serial.println(" °C");
  delay(100);
}
    
```

Figura 3. (Izq.) Placa Arduino modelo “Uno” utilizada. (Der). Programa utilizado para la medición de la temperatura.

Las maquetas construidas sólo son representativas en su contorno (quizá similar a un hipopótamo, buscando maximizar la cantidad de metal para un tamaño dado) ya que fueron elaboradas con chapa plana de aluminio de 2,9 y 5 mm de espesor. Al ser estos espesores de uso estándar quedó condicionada la relación entre los tamaños de las maquetas, que es 1,71 tomando cualquiera de sus tres dimensiones. Este número, de acuerdo con el modelo matemático presentado más arriba, hace que el volumen total (y la masa) de las cinco

maquetas pequeñas sea el mismo que el de la grande pero que el área total de aquellas resulte un 67 % mayor que la de esta última. A continuación, se expresa la relación entre tamaño, área y volumen respectivamente: $5/2,9 \sim 1,71$; $1,71^2 \sim 3$; $1,71^3 \sim 5$. Lo anterior nos dice que la maqueta grande tiene 3 veces el área de la chica y 5 veces su volumen. Por lo tanto, las 5 maquetas chicas, en su conjunto tendrán $5/3$ del área de la grande ($\sim 67\%$ más). Pero como se anticipó, tienen el mismo volumen.

El aluminio fue escogido por ser un metal de elevado calor específico, con lo que se logra un mayor aumento de temperatura del aceite en comparación con otros, y por ser maleable, lo que permite moldearlo o trabajarlo con facilidad (figura 4). Si bien se trata de operaciones con metal, no requiere métodos industriales. En nuestro caso, la construcción de las maquetas se realizó de modo artesanal. Con una sucesión de perforaciones se delineó el contorno (impreso previamente en papel y pegado a la chapa), luego se aproximó con sierra manual y finalmente se terminaron con lima y se pulieron. Para que resultase rigurosa la actividad, fue preciso contar con una balanza adecuada que permitiese llevar las maquetas al peso final esperado a través del proceso de limado.



Figura 4. Los dos tamaños de maquetas construidas. Puede observarse en la fotografía que ambas cuentan con puntos de sujeción en su superficie. Esto tiene como finalidad dejarlas suspendidas de hilos y separadas entre sí cuando se sumergen en aceite de modo que la totalidad de la superficie quede expuesta.

Implementación de la actividad

Al ser implementada en un curso de capacitación con docentes (10 en total) de ciencias naturales de escuela secundaria, las discusiones en parte se orientaron hacia los aspectos conceptuales; pero también en los didácticos donde se trabajó la posibilidad de implementación en el nivel, adaptaciones, transferencia, etc. Se desarrolló en uno de los encuentros del curso, con una duración de cuatro horas. Luego de una primera instancia donde se planteó el problema a estudiar, apuntalado con ejemplos concretos en diapositivas (figura 5), se trabajó en la construcción colectiva del modelo matemático que permite comprender los fundamentos de la actividad (figura 6). Tal como como se indicó en la introducción, es deseable no plantear dicho modelo sólo como una receta algorítmica para ser aplicada.

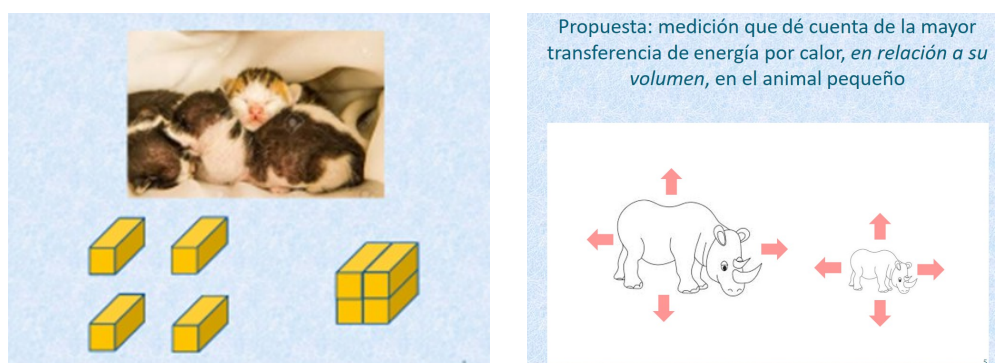


Figura 5. (Izq.) Diapositiva donde se plantea el análogo de un grupo de gatos con cuerpos geométricos que comparten superficies. (Der.) Una base para iniciar el trabajo con la conceptualización del modelo matemático que permite posteriormente aplicar el modelo físico de un modo que sea comprendido.

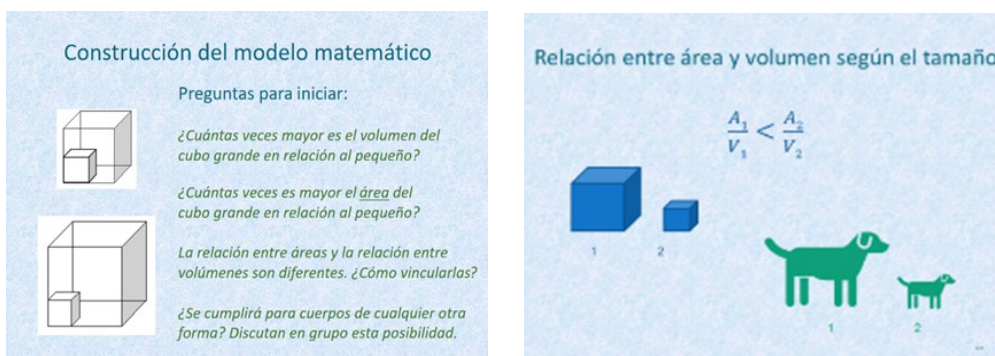


Figura 6. (Izq.) Esquemas utilizados para un primer tratamiento cualitativo de la situación relacionando las magnitudes involucradas. (Der.) Un planteo de la situación estudiada en términos matemáticos y la extrapolación a otras formas, en lenguaje icónico.

Contando con un solo juego de maquetas, se realizó una única serie de mediciones arribando a un resultado final común a todo el grupo. No obstante, se propuso una distribución de tareas, lo que resultó muy conveniente debido a que la actividad incorpora varias etapas, algunas de las cuales pueden ser sincrónicas (preparación del aceite, control de la temperatura de maquetas, uso del software, etc.). Lo anterior permitió gran cooperación entre en los participantes en la realización de las actividades. Según Lara (2009) en una situación de enseñanza como la propuesta, donde se organiza el trabajo de forma cooperativa, se permite que los participantes se ayuden entre sí y se pierde la rivalidad que habría en una organización competitiva. Entendemos que esta estrategia es un método que benefició a cada uno de los participantes de la tarea; se les dio la oportunidad de tener un rol más activo para enriquecer sus experiencias en el aula (recordando que son profesores). Para promover esto los autores, como capacitadores del curso, interactuamos con ellos y desplegamos la orientación necesaria para que puedan desarrollarse las operaciones según lo previsto. Lo que se mostró más arriba debió organizarse en una progresión de actividades específicas hasta alcanzar los resultados de las temperaturas en la computadora para ser comparados.

Un detalle a destacar es el valor de la temperatura que se tomó para la comparación. En la implementación con los docentes el valor final fue de 39,1 °C, sin embargo, y a partir de ensayos previos, el dato que tomamos a los efectos comparativos fue 30 °C, valor que obviamente se alcanzó en tiempos menores, resultando esto una ventaja. Para alcanzar dicho valor, en la experiencia con la maqueta grande demandó 153 s, con las cinco

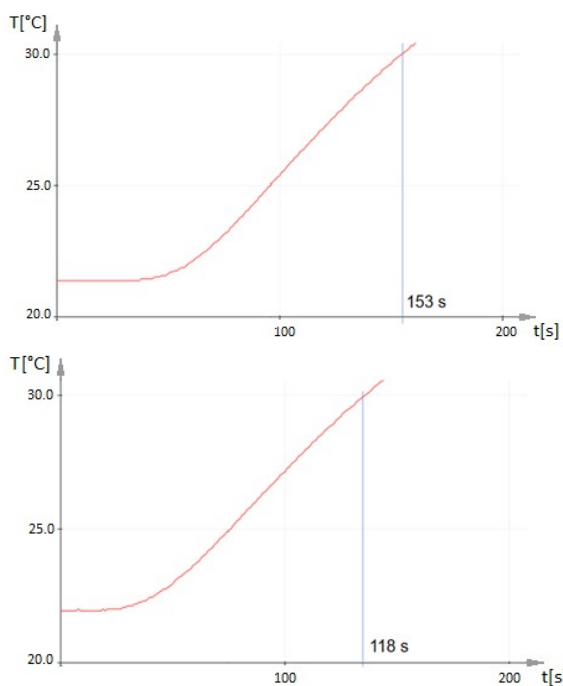


Figura 7. (Arriba.) Curva obtenida para la maqueta grande. (Abajo) Curva obtenida para las maquetas chicas. En ambos casos se recortaron a 30 °C. Las mismas alcanzaron la temperatura final de 39,1 °C luego de varios minutos. Ambas curvas fueron graficadas con la función “Serial Plotter” de Arduino. La correspondencia precisa entre los dos valores temporales señalados y la temperatura de 30 °C se obtuvo con la función “Monitor serie” del programa que arroja una tabla (no mostrada aquí).

pequeñas 118 s. Esto da como resultado un tiempo *30 % mayor en el primer caso*. Se muestran estos resultados en la figura 7.

Finalmente, luego de completar las actividades experimentales, se tuvo una puesta en común con los docentes participantes donde se brindó un espacio de reflexión y discusión sobre la práctica. Esto permitió un sostenido intercambio en torno a la modelización, conceptualización, resolución, y a los alcances y limitaciones de la propuesta teniendo en cuenta una transferencia al nivel secundario. Asimismo, se evaluaron posibles fortalezas y debilidades. A continuación, en las figuras 8 a 11 se muestran algunas escenas del trabajo con las aclaraciones del caso.



Figura 8. Calentamiento de las maquetas y control de temperatura. Puede observarse que las maquetas chicas se encuentran vinculadas por una varilla muy fina de madera para facilitar la introducción en la cámara térmica.



Figura 9. (Izq.) Una profesora comprueba el valor de las masas de las maquetas. (Der.) Montaje del sensor de temperatura en la cámara y la placa Arduino utilizada.

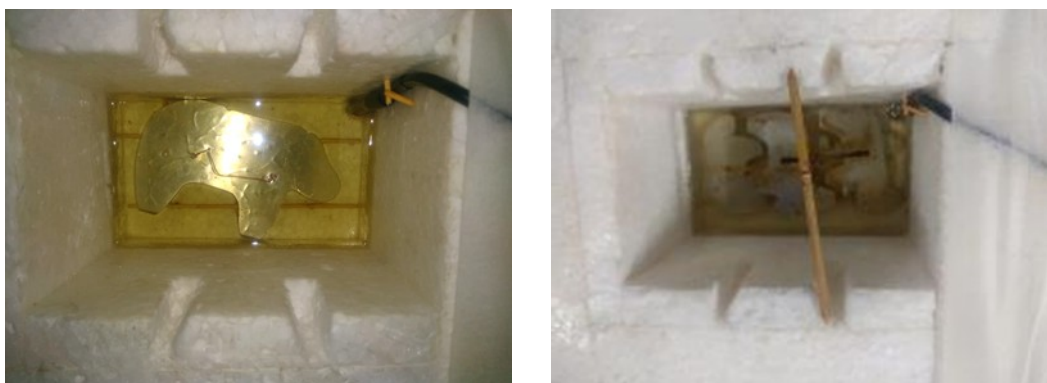


Figura 10. Maquetas sumergidas en el aceite. Los palillos que se observan en ambas fotografías fueron utilizados para que las superficies metálicas no entren en contacto entre sí ni con las paredes de la cámara.

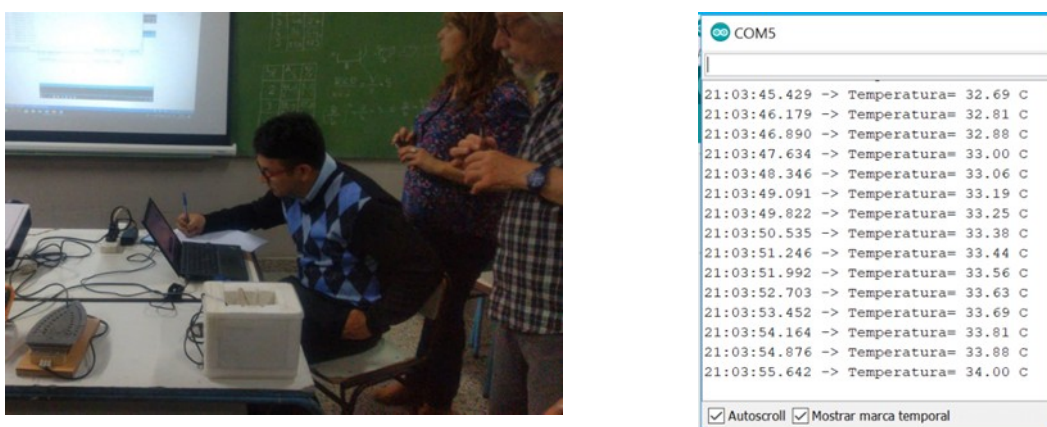


Figura 11. (Izq.) Profesor registrando datos de temperatura con la computadora. (Der.) Serie de datos generados por el programa durante la medición.

Consideraciones finales

Los resultados obtenidos en la práctica desarrollada confirman lo que la teoría predice a través de los modelos utilizados. En este sentido, consideramos que la experiencia resultó exitosa. No obstante, durante el diseño de la misma nos percatamos que requiere cierta precisión en el trabajo. Como se adelantó, puede usarse cualquier termómetro, aunque es recomendable realizarla con termómetros de alta sensibilidad y rápida respuesta. Esto nos llevó a considerar el uso del hardware abierto como el que ofrece el entorno Arduino con las ventajas ya explicadas. Permite también una participación más activa y mucho más rica de los estudiantes al operar con la PC durante el registro con dicha tecnología.

Un modo de diseñar la actividad era medir el tiempo en alcanzar la temperatura de equilibrio para las dos etapas. Esto tiene como inconveniente que puede alargar demasiado el tiempo necesario. Descubierta esto optamos por acotar la medición a un valor anterior, lo que además tiene la ventaja de registrar mayor diferencia de temperatura; tiempos mayores tienden a disminuirla. Se recomienda ensayarla para encontrar los mejores valores.

Consideramos que una fortaleza de la actividad es que, a pesar de resultar relativamente rigurosa, los elementos han sido construidos para la ocasión con materiales fácilmente accesibles.

Sostenemos que con su implementación se interpreta la importancia de la modelización matemática en el campo educativo, lo que permite resolver problemas propios de otras áreas contextualizando la enseñanza de esta ciencia formal. Entendemos que es pertinente sugerir trabajos que propicien el uso y la construcción de un modelo. En este caso la comprensión del modelo matemático utilizado puede ser de gran valor en el estudio de las ciencias naturales. Para el caso de la Biología, además de la transferencia de energía por calor aquí modelizada, explica muchas situaciones ligadas a las adaptaciones de los seres vivos. Un ejemplo de esto es que ciertos comportamientos colectivos de los individuos de una especie les permiten minimizar la superficie de transferencia. Se tiene, en este sentido, el conocido caso de los pingüinos que se agrupan en contacto íntimo frente a las condiciones térmicas extremas del ambiente.

Por último, la experiencia fue muy valorada por los participantes y se vieron muy interesados durante su desarrollo. Hubo unanimidad en la consideración positiva del uso de materiales y dispositivos en una actividad de enseñanza y aprendizaje que les permitió participar activamente en todas sus etapas. Algunos resaltaron el hecho de que un modelo simple les posibilite construir justificaciones que permitan superar el abordaje de un fenómeno natural sólo en términos descriptivos. Un aspecto que identificaron fue la interesante posibilidad de integrar la enseñanza situada en diferentes asignaturas del nivel medio en un trabajo en común que las abarque. Para el caso presentado resulta evidente la relación con la Física, la Biología y la Matemática. Reconocieron que el formato dominante es, en palabras de algunos participantes, una enseñanza “atomizada”. Propuestas como la trabajada podrían contribuir a superar la escasa vinculación que habitualmente se tiene en las asignaturas de la escuela secundaria. Sin embargo, identificaron ciertas dificultades en una implementación directa en dicho nivel, particularmente si se trata de cursos numerosos y por la elevada temperatura de los objetos a manipular. Varios docentes manifestaron su interés en ensayar algunas variantes, como temperaturas menores (una propuesta ingeniosa que surgió fue enfriar el aceite a temperatura de congelador o freezer, lo que permitiría bajar notablemente la temperatura de las maquetas con resultados similares) y maquetas aletadas (mayor superficie) para disminuir los tiempos de registro.

Referencias

- Crujeiras Pérez B., Jiménez Aleixandre M. P. (2015) Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias* 33(1), 63-84.
- Fuentes Gallego B., García Borrás F. (2010) El alumnado, el gran héroe en pequeños trabajos de investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 7(1), 93-106.
- Galagovsky L., Adúriz-Bravo A. (2001) Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias* . 19(2), 231-242
- García Rodríguez J., Cañal de León P. (1995) ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la Escuela* 25, 5-16.
- Gilbert J., Osborne R. (1980) The use of models in science and science teaching. *European Journal of Science Education* 2(1), 3-13.

- Justi R. (2006) La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias* 24(2), 173-184.
- Lara R. (2009) *La cooperación en la educación superior: una metodología didáctica para trabajar en el aula*. México: Praxis-UAEH.
- Lehrer R., Schauble L. (2007) A developmental approach for supporting the epistemology of modeling. pp. 153-160 en W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn y M. Niss (eds.), *Modeling and applications in mathematics education*. New York: Springer.
- Lesh R., Doerr H. M. (2003) Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. pp. 3-33 en R. Lesh y H. M. Doerr (eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Morrison M., Morgan M. S. (1999) Models as mediating instruments. pp. 10-37 en M. S. Morgan y M. Morrison (eds.). *Models as mediators*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Oliva J., Aragón M. M., Mateo J., Bonat M. (2001) Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 19 (3), 453-470.
- Oliva J. M. (2004) El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 3(3), 363-384.
- Woolnough B. (1991) *Practical Science. The role and reality of practical work in school science*. Londres: Open University.