

**Sacarle jugo al laboratorio: una introducción al diseño experimental para nivel
secundario**

**Tirar proveito do laboratório: uma introdução ao design experimental para nível
secundário**

**Getting the most out of the lab: an introduction to secondary-level experimental
design**

Valeria Edelsztein¹
Maia Buligovich²

Introducción

Las vitaminas son compuestos orgánicos de bajo peso molecular que desempeñan diversas y numerosas funciones metabólicas y fisiológicas. Los seres humanos y otros animales las requerimos en pequeñas cantidades (micronutrientes) y debemos incorporarlas con la dieta porque somos incapaces de sintetizarlas de manera endógena (Latham, 2002).

De acuerdo con su solubilidad, se clasifican en vitaminas *liposolubles* (A, E, D y K), es decir solubles en grasas, y vitaminas *hidrosolubles* (vitaminas del grupo B y vitamina C), es decir solubles en agua. En general, las vitaminas liposolubles -en especial la A y la E-, se almacenan en el organismo mientras que, en el caso de las hidrosolubles, su exceso se excreta por orina (con excepción de la vitamina B12 que puede almacenarse en el hígado). Por eso requieren de un aporte periódico (Nicolov et al., 2021).

En particular, la vitamina C (ácido L-ascórbico) cumple funciones biosintéticas, -por ejemplo, en la síntesis de colágeno- y antioxidantes y tiene un papel importante en la función inmunitaria, entre otras (Latham, 2002; Carr & Maggini, 2017). La deficiencia aguda de vitamina C lleva al escorbuto, enfermedad que condujo a su descubrimiento (Carpenter, 2012).

Las necesidades diarias de vitamina C según los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos (NIH) oscilan entre 75 y 90 miligramos para las personas adultas llegando a 120 miligramos para las personas que amamantan (NIH, 2022).

La vitamina C es lábil y susceptible de rápida oxidación, especialmente a altas temperaturas y por exposición a la luz (Latham, 2002). El tiempo de calentamiento también es un factor relevante en su descomposición. Esto ha llevado a numerosas investigaciones orientadas a maximizar su conservación en los alimentos que deben ser



¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC), FCEN-UBA

² Escuela Miguel Hernández .valecaroedel@yahoo.com

almacenados, pasteurizados o transportados por lapsos prolongados a temperatura ambiente (Giannakourou & Taoukis, 2021).

Sobre la base de esta información, se planificó una secuencia didáctica experimental para estudiantes de segundo y tercer año de escuela secundaria con el objetivo de introducir al alumnado en la manipulación de material de laboratorio y en el diseño de un protocolo experimental con control de variables. La secuencia incluyó la realización de diversos experimentos con materiales accesibles para determinar la cantidad de vitamina C en diferentes productos (jugo exprimido, pastilla comercial de vitamina C y jugo en polvo), comparar la cantidad de vitamina C en distintas frutas y analizar su descomposición en función del tiempo y de la exposición a altas temperaturas.



Objetivos

El objetivo general de esta investigación fue el diseño e implementación de una secuencia didáctica a fin de introducir a un grupo de estudiantes en el trabajo de laboratorio y en el diseño de un protocolo experimental con control de variables a través de la detección y cuantificación de vitamina C para aplicarla a la resolución de un desafío.

Los objetivos específicos durante la secuencia fueron que:

- Cada grupo de estudiantes manipulara el material de laboratorio y pudiera realizar un experimento guiado para detección de vitamina C que incluyera la preparación del reactivo de almidón-iodo.
- Cada estudiante entendiera los fundamentos teóricos del experimento de detección de vitamina C.
- Cada grupo de estudiantes pudiera diseñar un protocolo experimental con control de variables para cuantificación de vitamina C sobre la base de una consigna y luego llevara a cabo el experimento.

Metodología e Implementación

La secuencia didáctica se implementó en un colegio secundario de gestión privada de la CABA con un grupo mixto de 45 estudiantes de segundo y tercer año (14 a 16 años) en un total de 6 jornadas (480 minutos). Se dividió al estudiantado en equipos de 5 o 6 participantes.

La actividad fue implementada en su totalidad por las autoras de este trabajo y constó de tres etapas:

- ***Etapas I: Introducción en la temática (40 minutos)***

Para introducir e interesar a los y las estudiantes en la temática se le presentó a cada grupo un pequeño cuadernillo que contenía una situación problemática referida a creencias del sentido común respecto de la vitamina C (por ejemplo, que, si se prepara un vaso de jugo de naranja exprimido, al cabo de unas horas se pierde toda la vitamina C). También se incluyó una indagación de ideas previas referidas a esas creencias y una breve exposición teórica acerca dicha vitamina (**Figura 1**).

XI CONGRESO LATINOAMERICANO DE ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

"Aproximaciones a las problemáticas y necesidades de la región"

Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2022; Número Extraordinario. pp 1945-1951. ISSN 2619-3531. Memorias XI Congreso Latinoamericano de Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. 27 y 28 de octubre 2022. Modalidad virtual.

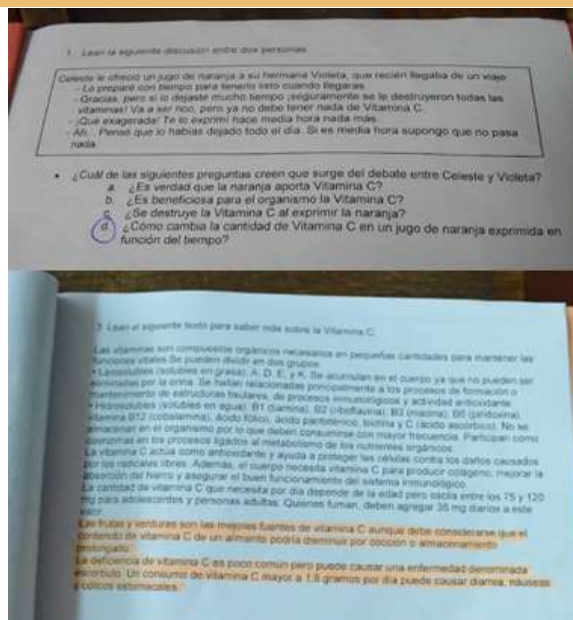


Figura 1. Extractos del material que fue proporcionado a los grupos de estudiantes para introducirlos en la temática.

Se realizó una puesta en común, se discutieron las situaciones problemáticas y las ideas previas. Sobre esta base, las docentes presentaron los objetivos para las etapas siguientes: explorar una forma de detectar vitamina C a partir de una experimentación guiada y, luego, que cada grupo pudiera desarrollar un protocolo experimental propio para resolver un desafío particular.

• **Etapla II: Detección de vitamina C (120 minutos)**

En esta segunda etapa, cada grupo realizó, bajo la guía docente de las autoras, el experimento de detección de vitamina C. Constituyó un primer acercamiento a la manipulación de los materiales de laboratorio y permitió sentar las bases teóricas y prácticas que, en los siguientes encuentros, dieron lugar a que cada grupo desarrollara un protocolo propio para nuevas determinaciones.

Contenido teórico

Típicamente, las reacciones de formación del complejo iodo-almidón pueden realizarse con un reactivo conocido como Lugol que consiste en iodo disuelto en una solución de yoduro de potasio. En su lugar, empleamos yodopovidona, fácilmente accesible en cualquier farmacia. El principio es el mismo: el iodo forma un complejo (de transferencia de carga) con el almidón en suspensión que da lugar a una coloración intensa violeta-azulada. Esta solución (reactivo de iodo-almidón) es la que utilizamos para detectar la vitamina C.

Al agregar vitamina C a la solución, el iodo se separa del complejo y se produce una reacción química en la que se reduce a yoduro por oxidación de la vitamina C. En consecuencia, a medida que se agrega vitamina C, la solución, originalmente violeta, se decolora (**Figura 2**). Dado que el complejo iodo-almidón se vuelve más estable con el tiempo, el reactivo debe ser preparado justo antes del experimento.

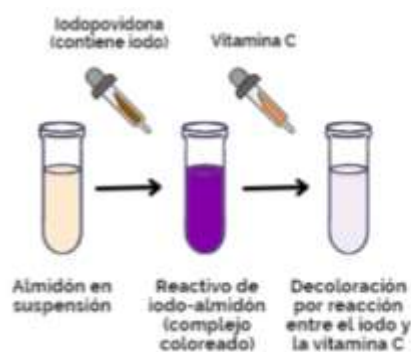


Figura 2. Detección de vitamina C con reactivo de iodo-almidón. Se observa una decoloración de la solución (de azul-violeta a rosa-lila).

Desarrollo experimental

A cada grupo se le entregó el material necesario para realizar el experimento: recipientes de vidrio, tubos de ensayo, pipetas Pasteur, cuchara, un gotero con iodopovidona, almidón de maíz, solución de vitamina C y dos de entre una variedad de productos para detectar la presencia de vitamina C (frutas, té, leche y jugo de naranja en polvo preparado según las instrucciones del envase).

Se les proporcionó un protocolo experimental para preparar el reactivo de iodo-almidón a partir de una suspensión de 5 gramos de almidón de maíz en 100 mL agua tibia, con el agregado posterior, gota a gota, de iodopovidona y agitación hasta coloración violeta-azulada constante.

Luego, se les indicó que colocaran 5 mL del reactivo en cada uno de cuatro tubos de ensayo y los rotularan (tubos 1, 2, 3 y 4),

- Al tubo 1 se agregaron 2 mL de agua, se agitó y se registró el resultado (control negativo).
- Al tubo 2 se agregaron 2 mL de solución de vitamina C (preparada a partir de la disolución de una pastilla comercial de 1 gramo de vitamina C molida y disuelta en 1 L de agua), se agitó y se registró el resultado (control positivo).
- Al tubo 3 y 4 se agregaron 2 mL de cada uno de los productos recibidos (uno con vitamina C y otro no), se agitaron y se registraron los resultados. (muestras incógnita).

Discusión

Sobre la base de los resultados experimentales obtenidos, se discutió la presencia o ausencia de vitamina C en los productos analizados. Frente a la pregunta de si el jugo de naranja exprimido o el jugo en polvo tenía más vitamina C, surgió la necesidad de introducir el concepto de *variable*. Se llegó a la conclusión de que para poder hacer una cuantificación comparativa era necesario controlar las numerosas variables en juego: temperatura, concentración del producto, volúmenes de reactivo a utilizar. Esto dio pie a la tercera instancia de la secuencia didáctica.



- ***Etapa III: Diseño de protocolo experimental y puesta en práctica (320 minutos).***

En esta tercera etapa, cada grupo diseñó un experimento y preparó un protocolo que luego llevó a cabo sobre la base de una de entre tres consignas específicas y una serie de preguntas guía proporcionadas por las autoras.

Las tres propuestas con sus preguntas fueron las siguientes:

- *¿Cómo cambia la cantidad de Vitamina C en un jugo de naranja exprimida en función del tiempo?*
 - ¿Cuántas medidas van a realizar?
 - ¿Qué intervalo de tiempo van a utilizar?
 - ¿Cuánto jugo de naranja deben exprimir?
 - ¿Cómo van a asegurarse de que los resultados sean comparables?
 - ¿Cómo van a determinar la decoloración del reactivo?
- *¿Es mayor la concentración de vitamina C en el jugo exprimido de naranja, pomelo o limón?*
 - ¿Cuántas medidas van a realizar para cada cítrico?
 - ¿Cuánto jugo de cada fruta deben exprimir?
 - ¿Cómo van a asegurarse de que los resultados sean comparables?
 - ¿Cómo van a determinar la decoloración del reactivo?
- *¿Cómo cambia la cantidad de Vitamina C en el contenido de una naranja en función del tiempo y la temperatura de calentamiento?*
 - ¿Cuántas medidas van a realizar?
 - ¿A qué temperaturas van a calentarlo?
 - ¿Cuánto tiempo van a calentar el jugo?
 - ¿Cuánto jugo de naranja deben exprimir?
 - ¿Cómo van a asegurarse de que los resultados sean comparables?
 - ¿Cómo van a determinar la decoloración del reactivo?



Desarrollo experimental

En primer lugar, cada grupo desarrolló su protocolo experimental teniendo en cuenta las preguntas guía y el diseño del experimento realizado en la Fase I (**Figura 3**). Numerosos intercambios iterativos con las autoras permitieron ir ajustando los detalles necesarios para que los pasos a seguir fueran claros y los resultados reproducibles.

Figura 3. Algunas de las primeras propuestas de diseño experimental de los grupos.



Luego fueron puliéndose gracias al intercambio con las docentes.

Una vez terminado el diseño y previa aprobación por parte de las docentes, cada grupo procedió a realizar los experimentos correspondientes y a registrar los datos (**Figura 4**).



Figura 4. Desarrollo de los protocolos experimentales diseñados por los grupos de estudiantes.

Discusión

Se realizó una puesta en común de los resultados de cada grupo y se discutieron las conclusiones de cada experimento. Se pensó en conjunto la mejor manera de presentar los resultados.

Unas semanas más tarde cada grupo mostró estos resultados en la Feria de Ciencias de la institución y tuvo la oportunidad de explicar a sus pares y con sus palabras cómo había desarrollado el protocolo, las variables consideradas y las conclusiones extraídas.

Conclusiones

En este trabajo se diseñó e implementó satisfactoriamente una secuencia didáctica para introducir a estudiantes de segundo y tercer año de secundaria al diseño de un protocolo experimental con control de variables con el objetivo de responder preguntas vinculadas a la estabilidad y concentración de la vitamina C en diversos productos alimenticios. Los y las alumnas pudieron familiarizarse con el material de laboratorio y, a través de los sucesivos intercambios con las docentes, comprender la importancia de controlar variables, elegir adecuadamente cuáles serían relevantes, escribir sus propios protocolos, llevar a cabo los experimentos, registrar datos y extraer conclusiones.

Referencias

Carpenter, K. J. (2012). The discovery of vitamin C. *Annals of nutrition & metabolism*, 61(3), 259. <https://doi.org/10.1159/000343121>

Carr, A. C. & Maggini, S. 2017. Vitamin C and Immune Function. *Nutrients*, 9(11), 1211. <https://doi.org/10.3390/nu9111211>

Giannakourou, M. C. & Taoukis, P. S. (2021). Effect of alternative preservation steps and storage on vitamin c stability in fruit and vegetable products: critical review and kinetic modelling approaches. *Foods*, 10, 2630. <https://doi.org/10.3390/foods10112630>

Latham, M. C. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

National Institutes of Healths (NIH). (2022). *Vitamin C. Fact Sheet for Consumers*. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-Consumer/>

Nicolov, M., Cocora, M., Buda, V., Danciu, C., Duse, A. O., Watz, C. & Borcan, F. (2021). Hydrosoluble and Liposoluble Vitamins: New Perspectives through ADMET Analysis. *Medicina (Kaunas)*, 57(11), 1204. <https://doi.org/10.3390/medicina57111204>

