



Experiencias inesperadas en un laboratorio escolar: “Generación espontánea” de paramecios, rotíferos y entrenamiento para su observación y cuantificación

Introducción

por Aldo Mario Giudice

aldo.giudice@gmail.com

Algunas veces he tenido la oportunidad de hacer una síntesis¹ en el ámbito del laboratorio escolar, pero no recuerdo que hayan sido síntesis tan casuales e inesperadas. La “reacción química anabólica”, si me permiten la analogía de la expresión, que se gestó de manera espontánea en el año 2017 en un colegio secundario, tuvo por reactivos a los siguientes componentes: un laboratorio con mala reputación por no usarse; goteras que aportaron varios mililitros de agua; un recipiente plástico con tierra y pasto; tres alumnos; un profesor y dos microscopios. Los productos finales fueron: paramecios, rotíferos, dudas más trabajo experimental. En este artículo describiremos como se desarrolló la insólita “síntesis escolar”.

La historia de la “reacción anabólica”

El trabajo se realizó en el laboratorio del Instituto San Isidro Labrador (ISIL), Ciudad de Buenos Aires, Argentina. El “efecto dominó” de acontecimientos comenzó casi con el ciclo lectivo 2017 con un hormigario didáctico que trajo una alumna de primer año, lo cual generó una convocatoria de mi parte a quienes quisieran trabajar experimentalmente con hormigas. Una vez reunidos los alumnos interesados, se les solicitó que traigan las hormigas negras, las podadoras y así lo hicieron. En particular, un grupo trajo un recipiente plástico con tierra y pasto seco. Luego de retirar de allí las hormigas y ponerlas en el hormigario, el recipiente quedó con su contenido destapado en una mesada, que casualmente estaba en un sector del laboratorio que por razones circunstanciales tenía desconocidas goteras. Luego de una lluvia de fin de semana, el lunes encontramos todos los materiales dejados en ese sector mojados y el recipiente citado inundando: así se generó espontáneamente un “mini charco artificial”, a partir de ahora indicado como MCA (Figura 1).

Al hacer limpieza de lo dejado por el ciclo hidrológico, al llegar con el trapo y una bolsa de residuos al MCA, una voz interior me recordó los milagros biológicos que ofrece el agua estancada. Cuántas iniciativas había leído en los libros de texto y cuántas veces las había puesto en marcha, desde los cultivos de paramecios hasta el relevamiento de protistas en agua de alguna laguna urbana. ¿Por qué no tentar una vez más al milagro educativo? Ya tenía una propuesta concreta para llevar a los alumnos al laboratorio, así el MCA se resguardó.

1- Aquí se habla de síntesis como fabricación, es decir un producto complejo, que resulta de reunir distintos elementos que estaban dispersos o separados y que se los organiza y relaciona.

Aldo Mario Giudice es Doctor en Ciencias Biológicas (FCEN) y Profesor en Enseñanza Media y Superior (CEFIEC) de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Su campo de investigación se relaciona con el comportamiento animal, principalmente de primates tanto en vida silvestre como en ambientes antropogénicos y en cautiverios de exhibición. Es docente de la Escuela Argentina de Naturalistas colaborando en el dictado de la materia Zoología de Campo. Ha dirigido tesis de grado y ha sido jurado en la evaluación de tesis doctorales. Por otra parte, es profesor de Biología en la escuela media y responsable del laboratorio en el Colegio Santo Tomás de Aquino de la Universidad Católica Argentina. Conduce el Proyecto Beagle-Buenos Aires, una propuesta para incentivar la investigación en alumnos y docentes, presentando resultados y propuestas en jornadas de enseñanza y congresos científicos.



Figura 1 (izq.): El charco artificial generado casualmente en el laboratorio escolar y fuente de sorpresas (MAC). Con el gotero se tomaban las muestras a observar en el microscopio. Figura 2 (der.): Los alumnos trabajando (de izquierda a derecha): María, Antonio y Rocco. Observación y registro en el recreo largo. Fotos: Aldo Mario Giudice.

El proyecto hormiga jamás prosperó, si bien se hicieron intentos para manejar hormigas en estos ecosistemas artificiales, los grupos de a poco fueron desertando. Pero ante la presencia de otros alumnos, de distintos años, que visitaban asiduamente el laboratorio en los recreos largos de media hora de duración, les presenté al MCA y la propuesta de hacer un entrenamiento para ganar destrezas en el armado rápido de preparados, sondeando la probable vida microscópica que pudiera contener, observación al microscopio y registro de lo observado. Promediaba el ciclo lectivo y los alumnos aceptaron. Al comienzo, mantuvimos el nivel de agua agregando un poco todas las semanas, pero en el mes de septiembre se pautó no seguir con este procedimiento y dejar que la evaporación llevase al MCA a su sequía final, tal vez esta decisión se tomó avizorando la posibilidad de registrar un cambio en la abundancia de los microorganismos a medida que las condiciones ambientales empeoraban. En otras palabras, ¿habrá alguna especie más tolerante ante el empeoramiento de las condiciones abióticas?

Teníamos todo lo necesario: goteros para tomar muestras de agua, porta y cubre objetos y

microscópicos ópticos (marca Arcano) sin charriot, usando habitualmente un aumento total de 64X (Figura 2). El registro de fotografías de lo observado al microscopio fueron tomadas con una cámara digital marca Kodak directamente haciendo foco en el ocular.

En cuanto al proceso de toma de datos, los alumnos comenzaron a entrenarse y ganaron constancia en la rutina de trabajo. En un momento, les presenté la necesidad científica de hacer una cuantificación de las dos formas de vida que reconocíamos: paramecios y rotíferos. A todos nos costaba hacer un conteo: íbamos moviendo el porta objetos sobre la platina con los dedos, pero el registro se complicaba. El tiempo era tirano y cuando tocaba el timbre que anunciaba el final del recreo, les pedía que dejaran los preparados en el microscopio para seguir observándolos más tarde, luego de clase. Es así que inesperadamente y sorpresivamente al volver, luego de un par de horas, se detectó que el agua en el preparado se iba evaporando y la contracción iba arrastrando todos los paramecios y rotíferos hacia pequeñas lagunas microscópicas (Figuras 3a y 3b).

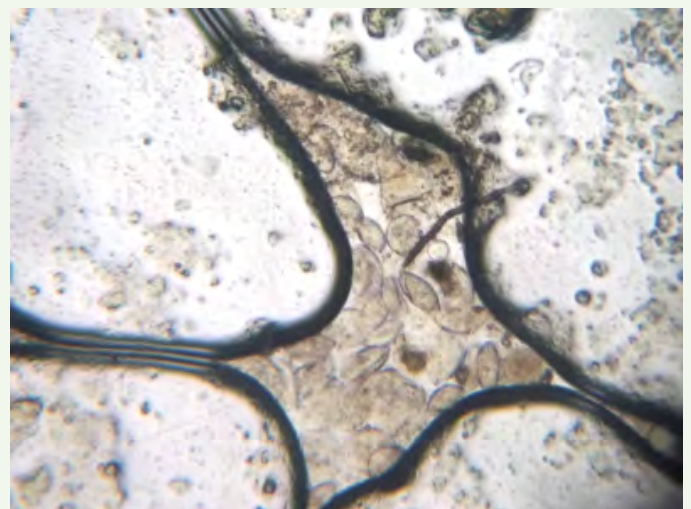


Figura 3: A medida que progresaba la evaporación del agua del preparado (a), los paramecios eran arrastrados a estas lagunas (b), donde fácilmente se podían contar. Fotos: Aldo Mario Giudice

Como la idea era no solo observar sino también cuantificar a los microorganismos, este hecho una vez más fortuito, nos hizo pensar que la posibilidad de encontrar una técnica para contar con cierta exactitud microorganismos no estaba tan lejos. Y así fue, este hallazgo nos llevó a la idea de contar todo "bicho" en un volumen conocido; una gota podía ser la clave. En consecuencia, les propuse a los alumnos como calcular el volumen de una gota durante una semana. Ellos trabajaron solos y un día nos sentamos a ver sus conclusiones. Luego de discutir diversos procedimientos, consideramos apropiado usar una jeringa de volumen conocido y contar todas las gotas que producía hasta agotar el volumen de agua de la misma. Por este camino llegamos a la conclusión que en una gota habría 0,047 ml de volumen o sea 47 microlitros. Ahora la metodología sería hacer preparados, cada uno con una gota del MCA y contar todos los paramecios y rotíferos que se veían en el área del cubre objeto.

Así las cosas, teníamos la forma de cuantificar la densidad de estos microorganismos y hacer un seguimiento de su abundancia a medida que transcurrían las semanas. El conteo lo realizamos a lo largo y ancho del cubre objeto, es decir para cada forma de vida, se obtuvieron cuatro valores y registramos como valor definitivo el mayor número de ellos. Una subestimación, pero un primer paso importante. Es así que durante tres

días por semana obtuvimos registros de la densidad de estos organismos, los cuales observaban e iban registrando en un cuaderno las abundancias parciales de uno y de otro y luego, anotaban el valor máximo de c/u hasta que el MCA se secó completamente (Figura 4). Por otra parte, les asigné a los alumnos la responsabilidad de armar pósteres con información sobre la biología de estos microorganismos (Recuadro 1) los cuales fueron colocados en el laboratorio.



Figura 4: El MCA seco ¿Fin de la experiencia? Foto: Aldo Mario Giudice

¿Qué indagaron los alumnos sobre los paramecios y rotíferos?

Los paramecios corresponden el género *Paramecium*, son protistas ciliados con forma ovalada, habituales en aguas dulces estancadas con abundante materia orgánica, como charcos y estanques (Figura 5). Son probablemente los seres unicelulares mejor conocidos y los protozoos ciliados más estudiados. Los cilios permiten proporcionar movimiento al organismo. La membrana externa absorbe y expulsa regularmente el agua del exterior con el fin de controlar la osmorregulación, proceso dirigido por dos vacuolas contráctiles. En su anatomía destaca el citostoma, una especie de invaginación situada a todo lo largo del paramecio de la que este se sirve para capturar el alimento, conformado por partículas orgánicas flotantes y microorganismos menores. El citostoma conduce a una citofaringe antes de que el alimento pase al interior de este protozoo. Otros orgánulos de fácil observación son el núcleo eucariota, situado junto a un "micronúcleo" en el centro del paramecio, y las vacuolas digestivas, que digieren constantemente el alimento capturado. Los desechos se expulsan por exocitosis, mediante vacuolas de secreción que se originan a partir de las digestivas. Los paramecios se reproducen asexualmente por fisión binaria y sexualmente por conjugación. Se alimentan de bacterias, algas y levaduras, ocasionalmente se puede producir la ingesta de protozoos de pequeño tamaño. Para ello se intensifica el movimiento de los cilios situados cerca y dentro del citostoma creándose de esta manera una corriente de agua y partículas hacia su interior. Las partículas de alimento se van acumulando en la citofaringe y cuando hay suficiente cantidad se genera una vacuola digestiva. Las vacuolas digestivas formadas recorren un circuito específico a través del citoplasma, de la parte posterior a la anterior de la célula, durante el cual son atacadas por enzimas para su digestión. Luego el alimento digerido es absorbido por el citoplasma y el alimento que llega al final del circuito sin digerir es eliminado a través de un poro anal. Para compensar el aumento de presión que se produce en la célula como consecuencia de todo este proceso de alimentación, cada célula dispone de dos vacuolas contráctiles que eliminan el exceso de agua continuamente.



Figura 5: ¿Qué Es Un Paramecio? Los paramecios son protistas unicelulares que se encuentran naturalmente en los hábitats acuáticos. Foto: Barfooz. Fuente: ver al final del artículo.

Los rotíferos, constituyen un filo de animales, pseudoselomados, microscópicos, que habitan aguas dulces (Figura 6). La boca está situada en la zona ventral de la región cefálica, y puede estar rodeada por bandas ciliadas del aparato rotador que crean pequeñas corrientes que atraen las partículas de alimento del entorno. A continuación encontramos la faringe, muy musculada, a la que se accede directamente a través de la boca o mediante un delgado tubo ciliado, situado entre ambas estructuras. La faringe presenta siete piezas duras y articuladas conocidas como trophi, que actúan a modo de dientes y forman en conjunto el mástax, que actúa como el aparato masticador. Situado en la parte posterior de la faringe encontramos glándulas salivales que vierten al mástax diversas enzimas digestivas; por detrás se encuentra un esófago que desemboca a un amplio estómago, situándose entre ambos un par de glándulas gástricas. Después del estómago aparece un intestino que desemboca en una cloaca a la que también vierten el sistema excretor y reproductor. Los rotíferos son dioicos: se reproducen sexual y asexualmente; los machos son más pequeños que las hembras, hasta el punto que, en algunas ocasiones, la hembra es diez veces más grande que el macho. También hay algunas especies en las que el macho no existe, ya que las hembras se reproducen por partenogénesis. Una cualidad que escapa de lo común, es que la cópula se produce por impregnación hipodérmica, es decir, el macho penetra a la hembra en cualquier parte del cuerpo. La inyección de los espermatozoides no es fácil ya que los rotíferos poseen una cutícula dura que los protege. Por esta razón los machos suelen penetrar a la hembra por la región de la corona, donde la cutícula es más blanda. Los huevos son fijados al sustrato o bien se adhieren a la hembra, pero también hay especies vivíparas. Algunos rotíferos producen dos tipos de huevos: los huevos amícticos son los huevos de verano, tienen la cáscara delgada y son diploides, por lo tanto no pueden ser fecundados. De estos huevos sale siempre una hembra por partenogénesis. El otro tipo de huevos son los huevos mícticos, huevos que ponen en invierno; tienen la cáscara dura y son haploides. Si no son fecundados producen un macho por partenogénesis, pero si son fecundados producen una hembra. Generalmente los rotíferos no tienen larvas. Del huevo salen individuos sexualmente maduros o casi maduros. Únicamente las especies sésiles tienen un estadio larvario, que es bastante breve.



Figura 6: ¿Qué Es Un Rotífero? Los rotíferos constituyen un filo de animales pseudocelomados microscópicos (entre 0,1 y 0,5 mm) con unas 2.200 especies que habitan en aguas dulces, tierra húmeda, musgos, líquenes, hongos, e incluso agua salada. Foto: Juan Carlos Fonseca Mata. Fuente: ver al final del artículo.

Resultados

La cuantificación rutinaria rindió registros que se transformaron en estadísticas básicas con las cuales inicialmente pensamos para evaluar la abundancia de paramecios y rotíferos a medida que el MCA se iba secando, constando que los paramecios acusaron mayor pérdida poblacional que los rotíferos (Tabla 1) (Figuras 7).

Discusión

A pesar del rotundo triunfo experimental de Louis Pasteur (1822-1895) demostrando la biogénesis (Recuadro 2), la generación espontánea sigue vigente en el imaginario colectivo. Sabemos que todo ser vivo se origina de otro ser vivo, pero a veces los alumnos no pueden comprender y supongo que muchos adultos tampoco, el hecho de que aparezca vida acuática a partir de elementos propios de un medio aeroterrestre, en este caso del MCA. Los pasos necesarios que explicarían el origen de vida acuática en algo que estuvo seco es una cuestión que los desafía abiertamente y establece en la práctica docente la primera problemática en una secuencia didáctica. En esta experiencia, podemos señalar como primera cuestión que, si bien en los pósteres realizados por los alumnos alguna información

| Semana | Paramecios | Rotíferos |
|--------|------------|-----------|
| 1 | 40 | 7 |
| 2 | 30 | 4 |
| 3 | 6 | 1 |
| 4 | 8 | 4 |
| 5 | 7 | 3 |
| 6 | 1 | 3 |
| 7 | 5 | 0 |
| 8 | 3 | 1 |

Tabla 1. Cuantificación de paramecios y rotíferos en agua estancada en un medio artificial. Los valores corresponden a conteos máximos de microorganismos en 0,047 ml de muestra.

había, no la supieron ligar con el fenómeno de supuesta generación espontánea sucedida en el laboratorio. Lejos de ser abiogenistas y menos seguidores de Félix Arquímedes Pouchet (1800-1872) tenían un marco teórico en el cual faltaba la información sobre adaptaciones para la dispersión que coincide con el hecho de que, muchos microorganismos ponen huevos en forma de quistes, creando así formas de resistencia capaces de sobrevivir a los períodos de desecación y hasta ser transportados por el



Figuras 7: a) Panorama habitual observado por los chicos (64X). b) Un paramecio visualizado a 160X. c) Un rotífero en el campo visual (64X). Fotos: Aldo Mario Giudice

viento (Curtis et al., 2008). En otras palabras, la atmósfera más allá de su composición gaseosa, tiene una carga de esporas y quistes de resistencia de los más diversos microorganismos, los cuales para desarrollarse solo deban tomar contacto con un medio adecuado.

La segunda cuestión que me parece importante resaltar, es que a través de este tipo de prácticas se puede ganar en preparación básica para emprender programas de evaluación de calidad ambiental: ante una jerarquía de sensibilidades especie-específica, en la cual una muestra podría evaluar el grado de alteración de un ecosistema acuático. Si bien estos resultados deben ser tomados con suma cautela dada las características de la actividad de entrenamiento y la velocidad a la cual se trabajó, los paramecios parecen haber sido más sensibles que los rotíferos a condiciones de menor contenido de oxígeno y mayor putrefacción (Tabla N° 1). Estos resultados son acordes con trabajos de investigación que destacan la presencia de rotíferos en ríos con un nivel de contaminación moderada a elevada, destacándose que son recicladores eficientes de materia orgánica y buenos colonizadores de ambientes con distinto grado de salinidad, tolerando concentraciones bajas de oxígeno (Torres Sánchez et al., 2010). Por otra parte, los paramecios son habituales en aguas ricas en oxígeno (Audesirk et al., 1997).

Reflexiones finales

Que la escuela secundaria está en crisis, no es ninguna novedad y somos muchos los responsables de la misma, cada uno con una cuota particular. No obstante, buscar el camino para motivar a los alumnos es una cuestión que no se puede obviar y más allá del desgano aparente que a veces expresan los estudiantes, está la expectativa de lo que el docente les pueda ofrecer. En esta experiencia concreta, que se alejó del dogma y se acercó más a la aventura (Furman, 2013) el efecto dominó y el azar fueron determinantes para encender una propuesta de trabajo superadora del ostracismo y la rutina cotidiana. La utilidad de los resultados es evidente desde el punto de vista de las clases: estos alumnos que ganaron experiencia, podrían tranquilamente proponer a sus docentes de

El triunfo de Louis Pasteur

La controversia sobre el origen cotidiano de la vida duró siglos, pero no fue hasta 1864 que Louis Pasteur, un científico francés, puso fin a la discusión. Pasteur había demostrado que hay microorganismos en las partículas de polvo; en este sentido, decidió participar en el concurso para el premio "Para arrojar, mediante experimentos cuidadosamente dirigidos, nueva luz sobre la cuestión de la llamada generación espontánea" instituido en 1860 por la Academia de Ciencias de París. Así se puso a trabajar para evaluar la hipótesis de la generación espontánea, fervientemente avalada por Félix Arquimedes Pouchet. Empezó colocando caldos previamente hervidos en varios frascos. Los selló y los llevó a lo alto de una montaña donde él suponía que el aire estaba libre de polvo y microorganismos; allí los destapó por un tiempo, luego los volvió a sellar y los llevó a la comisión evaluadora. Los frascos no mostraban indicios de generación de vida. Luego abrió un frasco y lo dejó expuesto al aire, comprobando tres días después que se habían desarrollado microorganismos. Este experimento generó objeciones por parte de los abiogenistas que manifestaban fundamental que el caldo estuviera siempre en contacto con la fuerza vital del aire, esto motivó a un experimento final en el cual el caldo nunca perdiera contacto con el aire. Usó matraces, calentó sus cuellos y les dio forma de "S"; hirvió el caldo de todos los matraces, permitiendo que saliera vapor de los cuellos de los mismos. Al cabo de unos días sin novedades de nueva vida, cortó el cuello de algunos matraces y en estos los microorganismos crecieron; la forma del cuello de "S" permitía que entrara el aire, pero las partículas de polvo con microbios se quedaban atrapados en la curvatura de los cuellos. Al no generarse microorganismos en estos matraces, Pasteur llegó a la conclusión de que la generación de microorganismos dependía directamente de la presencia de estos en las partículas del polvo que hay en el aire. El trabajo de este eminente científico confirmó la hipótesis de la biogénesis.

Fuente: Majas et al., 2015.

biología llevar a cabo trabajos prácticos para compartir con sus alumnos. Los contenidos que se podrían asociar son: generación espontánea, uso del microscopio óptico, población, comunidad biológica, metodología científica, entre otros. La proyección de lo realizado tiene además un matiz más trascendental: cualquiera de ellos puede volver a repetir la experiencia, puede diseñar sus propias experiencias y si logran resumir todo en un artículo de divulgación, podrían tener su primera nota curricular, que algunos ex alumnos que pasaron por este mismo laboratorio lograron esgrimir para conquistar la primera beca de iniciación de CONICET (Giudice, 2011; Di Luca, 2017).

Agradecimientos

Deseo agradecer a los alumnos: Rocco Nocita Kippes, Antonio Pérez, María Avendaño y Agustina Carcagno. Ellos hicieron posible que esta experiencia pudiera narrarse en este escrito. Los aliento a seguir adelante y los felicito por su desempeño. El laboratorio de una escuela, sin alumnos vocacionales, no tiene demasiada razón de ser, así que una vez más, mil gracias por vuestra labor. A las autoridades del ISIL por proporcionar libertad de trabajo y permitir la existencia del ámbito del laboratorio.

Bibliografía

Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. E. 2008. *Biología, la vida en la Tierra*. México: Person Education.

Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A. y Massarini, A. 2008. *Biología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Di Luca Javier Agustín. Becas- CONICET (2017). En: Giudice, A. M., Di Luca, J. A. y Maciel EGUÍA, M. O. 2011. La escuela secundaria como centro de monitoreo ambiental urbano. *Revista Consudec; CABA*, pp. 8-9. Recuperado el 18 de noviembre de 2017 de http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=52547&articulos=yes

Furman, M. 2013. Enseñanza de las Ciencias. Lejos del dogma y cerca de la aventura. *Nexciencias. Exactas. Uba. Ar. Noticias de Ciencia y Tecnología*. Recuperado el 24 de octubre de: nexcienza.exactas.uba.ar

Majas, F. D., De Dios, M. C. y Bisheimer, M. V. 2015. *Biología 1: los seres vivos, unidad y diversidad, panorama general de la reproducción y la diversidad de seres vivos*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Doce Orcas Ediciones.

Torres Sánchez, M., Gutierrez Jimenez, J. y Penagos García, F. 2010. Protozoarios y rotíferos de vida libre en agua residual del río Sabinal, Tuxtla Gutierrez, Chiapa, México. *Lacandoria*, 1 (4), 23-28.

Wikipedia. Paramecium. Recuperado el 4 de noviembre de 2017 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Paramecium>

Wikipedia. Rotífera. Recuperado el 16 de noviembre de 2017 de <https://es.wikipedia.org/wiki/rotifera>

Ville, C. (1983). *Zoología*. Buenos Aires: Editorial Interamericana.



RELATANDO EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS

Si usted es docente y/o investigador y desea difundir su trabajo en esta sección, contáctese con María Teresa Ferrero, responsable de la misma (mtferreroque@gmail.com)