

Experiencias biológicas y didácticas con *Biomphalaria tenagophila* en condiciones de mantenimiento artificial

Aldo Mario Giudice

Las sorpresas de un proyecto docente

En este trabajo, compartimos con los lectores experiencias biológicas y didácticas basadas en un caracol acuático que sorpresivamente irrumpió en el espacio del laboratorio escolar que sirve de ámbito de trabajo del Proyecto Beagle, el cual propone incentivar la investigación escolar en grupos reducidos de alumnos vocacionales. En este rodaje interactivo se generan propuestas de trabajos prácticos que posteriormente se desarrollan en el aula para ser compartidas (Giudice, 2016). Los objetivos se encuadran en dos ejes temáticos. Por un lado, el aspecto biológico relacionado al caracol acuático en sí. En este, presentamos las anécdotas de cómo lo obtuvimos en un laboratorio, las observaciones previas que lo posicionaron como modelo observacional, la experiencia sobre su mantenimiento y a partir de ella, consolidar una investigación escolar concreta con resultados experimentales relacionados a la preferencia de sustrato para colocar los huevos, la influencia de la dieta en la fecundidad y del oxígeno disuelto en la profundidad de oviposición. Por el otro, en el segundo eje del trabajo, abordamos la descripción de la modalidad de enseñanza y el impacto sobre el alumnado de un curso de quinto año de la escuela secundaria de una secuencia de clases destinadas a ofrecer la información obtenida en el proceso de investigación previo.

Planteados los objetivos, comencemos con las anécdotas que desembocaron en un proceso que llevó varios años de trabajo de investigación escolar.

No me toquen mi torre de marfil

Como mencionamos líneas arriba, el estudio tiene que ver con un tipo de molusco que no nació con conchilla, pie y tentáculos cefálicos sino con aletas, branquias y escamas dado que el proyecto líder del docente que cuenta esta historia se había focalizado en peces: el objetivo era montar un laboratorio de análisis etológicos que complementarían los contenidos teóricos de la unidad de comportamiento animal del programa de biología de quinto año.

Corría el año 2013 y el laboratorio estaba a pleno, con peceras bien equilibradas que albergaban peces *Carassius auratus* (goldfish), *Corydoras paleatus* (coridora), *Cnesterodon decemmaculatus* (madrecita) y *Cichlasoma dimerus* (chanchitas), las cuales se completaron con elodeas y la explosión burbujeante de los aireadores. El laboratorio, mi torre de marfil, deslumbraba, sólido, incólume como nunca antes, solo nos quedaba comenzar con la observación meticulosa de los comportamientos.

—Profesor, profesor, hay un Gary en la pecera! Qué exclamación poco científica, pensé.

La torre de marfil no podía claudicar ante estos comentarios, pero parece que lo inusitado es el combustible del Proyecto Beagle.

—Chicos, chicos, ¡Miren hay planorbidos en las peceras! —dije emocionado.

—Profe, si se refiere a los Gary, están dando vueltas por todas partes, ya se lo dijimos.

Ellos ingresaron al laboratorio como sigilosos polizontes, escondidos en *Elodea sp.* No fue la única especie encontrada, también ingresaron ejemplares de otro molusco nativo dulceacuícola, *Physia sp.* Pero estos últimos no prosperaron.

¿Quiénes son los Gary?

Los Gary resultaron ser moluscos gasterópodos, de la familia Planorbidae. Fueron clasificados, cotejando fotografías y descripciones de diversas fuentes, como ejemplares de la especie *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835), de ahora en más simplemente biomfalarias. No nos quedaba alternativa, tuvimos que repasar qué es un molusco y en particular, las características de las biomfalarias.

Los moluscos son animales que medran en el Planeta Tierra desde hace 600 millones de años o sea desde el período Cámbrico inferior, colonizando prácticamente todos los hábitats terrestres y acuáticos (Ville, 1983). Con aproximadamente 100.000 especies vivas son en la actualidad, después de los artrópodos, el grupo zoológico mejor representado por su riqueza y por ende, uno de los más estudiados. Esta biodiversidad es utilizada por el hombre desde épocas

remotas, ya que no solo apreció las formas de sus conchillas, el nácar y las perlas, sino también su carne, aspecto alimentario que derivó en prácticas de crianza de varias especies como el *escargot*, las vieiras, ostras, almejas, calamares y pulpos (Barbado, 2003). Por otra parte, algunos moluscos poseen un impacto negativo al ser plagas de cultivos, en la obstrucción de cañerías, invasores que alteran el equilibrio ecológico y algunos huéspedes de parásitos que causan severas enfermedades (Vilches et al., 2010); este último aspecto, entre otros, es poco abordado en el ambiente escolar (Giudice, 2009).

En particular, las biomfalarias actúan como agente de propagación del platelminto trematodo digeneo *Schistosoma mansoni*, que genera una zoonosis denominada esquistosomiasis o bilhardiasis (Curtis y Barnes, 1993). La misma se expande por 76 países tropicales y subtropicales de Asia, África y América del Sur, constituyéndose en la segunda causa de morbilidad y mortalidad después del paludismo, afectando directamente a 240 millones de personas y poniendo en riesgo a cerca de 600 millones (Custodio et al., 2017). De allí se desprende que, en el ámbito científico, los estudios relacionados a biomfalarias son importantes a fin de entender su relación con el ambiente y también, delinear estrategias para su control poblacional y si bien se ha avanzado al respecto, la enfermedad sigue diseminándose a nuevas regiones (Rumi et al., 2009). Las estrategias de control basadas exclusivamente en la administración de medicamentos, reducen las muertes, pero no suprimen la transmisión, la cual es afectada por modificación del hábitat, técnicas combinadas de cambios en los sistemas de irrigación de los cultivos y tratamientos con molusquicidas (OMS, 2014).

Si bien hay biomfalarias en Argentina, aún no se han reportado casos de esquistosomiasis, no obstante, la enfermedad, ocurre en las regiones brasileñas limítrofes con las provincias de Misiones y Corrientes (Custodio et al., 2017).

La biomfalaria que tiene tentáculos filiformes, es un molusco pulmonado que, si bien posee una branquia en el lóbulo inferior del manto, respira aire atmosférico. De amplia distribución geográfica pero también nativo del área rioplatense, prolifera en charcas y lagunas. Tiene una conchilla que orilla el centímetro y medio de altura, la cual se enrosca en forma plana siendo las primeras vueltas pequeñas y

engrosándose paulatinamente las restantes vueltas hasta la última. Rumi y Nuñez (2013) lo han definido como “especie muy agresiva en términos de competencia”. Son vegetarianos, aunque capaces de vivir saprofiticamente (Barbosa y Barbosa, 1994). Son hermafroditas, si bien se describe una preferencia por la fecundación cruzada, poseen una gónada única y sus huevos, en número de 4 a 40, son colocados en masas gelatinosas denominadas cápsulas de huevos u ovoposiciones (Nahabedian, 1992).

Y así fue como los Gary se impusieron: observaciones preliminares

Más allá de las subjetividades, el carisma de los peces era muy superior a la de un molusco acuático pequeño, no obstante, los biomfalarias hicieron todo lo posible por llamar la atención. Ellos reaccionaron con rapidez a las variaciones ambientales y bien sabemos que en la escuela lo rápido es preferible por lo vertiginoso de los acontecimientos académicos cotidianos. La primera sorpresa se relacionó a la velocidad a la cual los ejemplares respondían a la presencia de *pellets* especiales para las coridoras; los *pellets* por su peso caían al fondo donde se suponía que los *bigotuditos* irían a roerlas, pero las biomfalarias iban en manada sin distraerse y llegaban antes al encuentro de los *pellets*.

Al morir una de las coridoras, colocamos su cadáver de 2,9 gramos en una pecera de 10 litros con 24 biomfalarias, siendo la temperatura del agua de 26° C. La respuesta fue inmediata, al minuto ya había ejemplares sobre el cuerpo inerte y en siete días lo redujeron a vestigios óseos (Figuras 1a y 1b). Motivados por esta observación, posteriormente le aportamos una barra de surimi de 30,9 gramos, en una pecera de 10 litros, con aireador permanente, 32 biomfalarias y una temperatura promedio de 21° C (Figura 1c). Nuevamente la velocidad de respuesta fue sorprendente. A la semana había una putrefacción evidente, olor feo del agua con signos evidentes de carroñeo, lo cual hizo que a los 12 días la barra se redujera a restos aislados. A los 26 días, con algunos cambios parciales del líquido elemento, las condiciones ambientales volvieron a ser similares a las iniciales y sin restos de barra de surimi. Y seguimos probando. En otra oportunidad, colocamos 12 gramos de lechuga en una pecera con otros 24 biomfalarias estando la



Figuras 1.a. Cadáver de una coridora de 2,9 gramos, en una pecera de 10 litros con 24 biomfalarias. Al minuto ya había ejemplares sobre el cadáver del pez. b. Restos de la coridora luego de siete días de haberla colocado en la pecera. c. Entrega de barra de surimi de 30,9 gramos, con notable respuesta de los biomfalarias. A los 26 días de haberla entregado, no quedaban restos de la misma. Fotos: Aldo Mario Giudice.

temperatura del agua en 25°C, al cabo de dos horas, la mayoría de los ejemplares estaban posados sobre la hoja y a la semana solo quedaban vestigios de la lechuga.

De la observación detenida surgió la diferenciación de distintos tipos de locomoción. La típica locomoción en la cual el pie apoya en una superficie sólida con la conchilla para arriba, pero comprobamos que en ciertas oportunidades el pie apoyaba en la superficie interna del agua con la conchilla para abajo; este tipo de locomoción invertida también fue visualizada en pequeñas *Pomacea canaliculata* (Giudice, Observación personal) puesto que trataban de aprovechar el alimento en escamas para peces que quedaba en superficie. Asimismo, notamos rápidos desplazamientos verticales, lo que nos hizo pensar que hacían uso de una reserva de aire, expulsándolo para descender y almacenándolo para ascender.

Por otra parte, se reproducían de manera constante y directamente proporcional a la entrega de alimento en época de primavera-verano, siendo las ovipuestas fácilmente perceptibles a simple vista, pero al observarlas con lupa de 50 X detectamos estadios embrionarios y eclosiones de caracolitos (Figuras 2a y 2b). También notamos ejemplares con conchillas negras y otros con conchillas coloradas ¿Genética mendeliana?, ¿por qué no? La torre de marfil podría ser el monasterio de un devenido Gregor Mendel del siglo XXI. Al ser la genética uno de los contenidos de los programas de biología de cuarto y quinto año, se pensó en hacer cruzamientos y luego analizar las estadísticas del rasgo fenotípico color de conchilla, lo cual implicó una metodología compleja al no tener control de los cruzamientos ni de sus consecuencias. De pronto, en un momento avizoramos la posibilidad de detectar en las ovoposiciones caracolitos con diferencias de tonalidades, pero en esos estadios eran todos iguales. Es así, que el éxito fue esquivo quedándonos con ganas de emular al genio que, sin quererlo ni saberlo, se convirtió en el padre de la genética moderna.

Por último, otra cuestión que nos llamó la atención fue la observación de conchillas con zonas blanquecinas, las cuales con lupas se percibían como cráteres y surcos sobre la superficie de las mismas (Figura 2c). Ante esta situación, pensamos en un factor horadante y nos hizo recapacitar en varias posibilidades, características que comenzamos a

observar después de su primer año de permanencia en el laboratorio. La corazonada que barajamos, pero no evaluamos, fue que los caracoles por una deficiencia en el ambiente, ya sea carencias nutricionales, poco espacio o falta de enriquecimiento ambiental roen la conchilla de otros caracoles, dado que aquellos ejemplares alojados en una pecera de 72 litros no poseían estos daños.

Todas estas sorpresas con el tiempo, hicieron que los Gary fueran desplazando a los simpáticos peces a la hora de tener un modelo animal propio para investigaciones escolares. Y es así que con estas singularidades comportamentales y morfológicas comenzamos a avanzar en programas de indagación escolar tentativos en esta simbiosis profesor-alumno que propone el Proyecto Beagle.

¡Ok Profesor! Los Gary son el modelo, pero... ¿por dónde avanzar?

Sin una respuesta en mente ante esta pregunta de por dónde avanzar, a partir del año 2016 comenzamos a focalizarnos en fenómenos que pudieran ser investigables atendiendo a nuestras limitaciones metodológicas y conceptuales. Es así que intentamos analizar lo que era fácilmente cuantificable como las preferencias de localización espacial, que pensamos solo por pura intuición, sin marco teórico, que podía tener una relación con los puntos cardinales o las preferencias en superficies oscuras o transparentes o bien superficies horizontales o verticales para oviponer, hasta distintos alimentos tales como: lechuga, pollo, jamón, pescado, verticales y también en la textura. Dado que observamos respecto a 274 ovipuestas que el 80% eran colocadas verticalmente en las paredes de la pecera y el 73% en los restos de siliconas de los bordes, nos decidimos a poner superficies con silicona y analizar la respuesta.

Con este recorrido y las respectivas observaciones que nos permitieron la cosecha de algunas estadísticas, experimentos trunco y fantasías que hacían los días más cortos paralelamente a la constancia en el trabajo al establecer una rutina de actividades, plasmamos experiencias biológicas concretas que nos dieron resultados.



Figura 2. a. Visualización parcial de una ovipuesta fotografiada con cámara digital apoyada directamente sobre el ocular de una lupa de 50 X. b. Visualización de un huevo con un estadio embrionario en avanzado desarrollo. c. Visualización de biomfalarías con conchillas afectadas por un factor horadante: a la observación con lupa se percibían cráteres y surcos sobre la superficie de las mismas. Fotos: Aldo Mario Giudice



Figura 3. Variación mensual de la temperatura del agua del acuario. Variación estacional de la temperatura del agua de las peceras. Valores mensuales promedio.

Preparar la receta para los Gary

La investigación biológica concreta, la desarrollamos en el segundo cuatrimestre del año 2017. Los ejemplares fueron mantenidos inicialmente en peceras de vidrio rectangulares, de volúmenes variados entre 4 a 72 litros en condiciones apropiadas para el mantenimiento de peces, en otras palabras, listas para usar. La temperatura del agua siguió las fluctuaciones estacionales, aspecto que no modificamos artificialmente (Figura 3).

Los procedimientos experimentales tendientes a cuantificar las variables: preferencia de sustrato para oviponer, influencia de la dieta en la fecundidad y efecto del oxígeno disuelto en la profundidad de oviposición los llevamos a cabo en un esquema de dos días a la semana de acuerdo a los horarios sin clases del profesor y a la disponibilidad horaria de los alumnos. Los viernes por la tarde, luego de clase, los alumnos cuantificaban las oviposturas midiéndoles la longitud y el ancho y registrando la profundidad a la cual habían sido depositadas. Asimismo, cambiábamos el agua sin declorar y se les entregaba la ración de comida en base a lechuga, surimi o ambos, de acuerdo a los tratamientos. Los caracoles quedaban sin oxigenación adicional hasta el miércoles por la tarde, día en el cual se tomaban mediante sensores los parámetros del agua tales como temperatura, pH y concentración de oxígeno y posteriormente hacíamos un cambio parcial del agua (Figura 4). Por otra parte, manteníamos el alimento que estaba en buen estado y activábamos los aireadores los cuales quedaban encendidos hasta el viernes a las 19 horas, momento en el cual me retiraba de la institución.

Con las preguntas planteadas y el diseño experimental bosquejado, en agosto del año 2017 procedimos a hacer un censo en todas las peceras, contabilizando 56 ejemplares. Con ellos armamos tres grupos (G1, G2 y G3) de 18 caracoles cada uno y los asignamos a tres peceras de 5 litros rotuladas como "I", "H" y "J". Al azar, establecimos los tratamientos a las peceras y a cada grupo de caracoles, de igual manera, de este modo los ejemplares de la pecera "I" (G1) recibirían solo lechuga, los de "H" (G2) solo



Figura 4. Visualización del ambiente experimental en el laboratorio de biología. En la fotografía, uno de los alumnos (MC) haciendo tareas de mantenimiento durante la evaluación de la influencia de la dieta sobre la fecundidad de las biomfalarias. Foto: Aldo Mario Giudice

surimi y los de "J" (G3) una dieta mixta entre ambos alimentos. Una vez armados los dispositivos y localizados en un estante sobre mesada, los dejamos siete días en ayuno, comenzando a partir del 1 de setiembre de 2017 a alimentarlos una vez cada siete días. Cada vez que los grupos cambiaban de dieta, los manteníamos en ayuno por una semana, así que, en total, a lo largo de la experiencia los sujetos experimentales tuvieron cuatro semanas sin ser alimentados. El ayuno era la forma que asumimos de *reiniciar* el aspecto digestivo de los caracoles y que las respuestas evaluadas realmente estuvieran influenciadas por la dieta entregada.

Por supuesto, que este esquema de investigación iba a rendir las estadísticas básicas, pero a la vez muy descriptivas, tales como frecuencias, porcentajes, promedios y tasas. Y no podíamos quedarnos en lo cualitativo, así que las comparaciones de frecuencias se hicieron por medio de un análisis de Chi-cuadrado y al buscar correlaciones implementamos el método de Spearman, asistido por el software Statistica (versión 2.0). El nivel de significancia fue de $\alpha = 0,05$ (Kelmansky, 2009).

La rutina semanal de trabajo, la llevamos a cabo hasta la finalización del año 2017, en total 13 semanas. Al cerrar el año y sin acto de colación para los sujetos experimentales, reunimos a los sobrevivientes y los colocamos en una pecera de 10 litros a la que se llamó *pecera nodriza*, con sustrato de piedritas y aireación; allí los acondicionamos para que prosiguieran con el ciclo de vida y asegurarnos ejemplares para emprender los objetivos didácticos planificados para el año siguiente.

Resultados son amores I: ¡Los Gary hablaron!

Se registraron 1563 oviposturas, localizándose 33,8% en vidrio, 62,4 % en silicona, incluyendo 1,9% dispuestas sobre la manguerita del aireador, 0,2 % en piedra difusora, 2,5% en las conchillas de otros congéneres, 0,5% en restos de lechuga y 0,6% no

Tipo de alimento	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	Total	P
Lechuga	2,12 (G1)	1,5 (G3)	2,65 (G2)	6,27	>0,05
Surimi	7,92 (G2)	2,75 (G1)	3 (G3)	13,67	<0,05
Mixto	14,03 (G3)	10,36 (G2)	7 (G1)	31,39	<0,05
Total	24,07	14,61	12,65	51,33	

Tabla 1. Análisis del efecto de la dieta en las oviposiciones. Los datos corresponden a cantidad de oviposiciones por día. Los grupos son indicados entre paréntesis como G1, G2 y G3. La etapa 1 tuvo una duración de 6 semanas, la etapa 2 de 4 semanas y la última etapa de 3 semanas.

adheridas a ninguna superficie. El 86,6% se efectuó en superficies verticales.

Respecto a la relación oferta alimentaria-producción de ovicápsulas (OV), observamos que la mayor fecundidad se dio en el tratamiento de dieta mixta con 703 OV (63,7%), seguido por la dieta de surimi, con 276 OV (25%) y lechuga, 125 OV (11,3%) ($X^2 = 435$; $p < 0,05$).

Para averiguar si el efecto de la dieta en la fecundidad era constante entre los grupos la analizamos en las tres situaciones ambientales que afrontaron los grupos G1, G2 y G3 en los respectivos tratamientos (Tabla 1). En términos generales se detectó una mayor fecundidad ante la dieta mixta ($X^2 = 134,3$; $p < 0,05$), no obstante, la fecundidad fue disminuyendo a lo largo del estudio ($X^2 = 75,9$; $p < 0,05$). La fecundidad en las semanas en las cuales les colocábamos alimento alcanzó a 84 OV/ semana (13 semanas en total), disminuyendo este valor a 70,5 OV/ semana al estar sin comida (4 semanas en total) ($X^2 = 1,17$; $p > 0,05$).

Las ovipuestas tuvieron como dimensiones un largo de 6,2 mm \pm 1,1 y un ancho de 4,4 mm \pm 0,7 (N = 57). Cuando el oxígeno disuelto era mayor a 3 mg/ml, la profundidad promedio de las OV fue de 10,9 cm \pm 1,08. En cambio, cuando los niveles eran inferiores a 1 mg/ml, las OV fueron colocadas a 2 cm \pm 0,07 de la superficie, corroborando que, a mayor nivel de oxígeno disuelto, mayor profundidad en la localización de las OV ($R = 0,875$; $p < 0,05$).

La mortalidad durante el estudio fue de 33% para el G1, sobreviviendo 12 ejemplares y 17% para el G2 y G3, sobreviviendo 15 ejemplares respectivamente.

Encuadre didáctico de la torre de marfil a la trinchera áulica

Luego del desarrollo de las investigaciones, los esfuerzos los destinamos a evaluar el potencial didáctico de los aspectos metodológicos y biológicos, el segundo objetivo del presente trabajo. Al comenzar el ciclo lectivo 2018, el primer paso fue hacer un conteo del stock de biomfalarias mayor de 7 mm de longitud de conchilla, es decir caracoles fácilmente manipulables, contabilizándose 39 ejemplares. Con este dato comenzamos a planificar un trabajo práctico para alumnos de biología del quinto año. Con la idea de valorar el grado de significación de una experiencia que toma a una especie de caracol como modelo de estudio, procedimos a idear un índice de motivación y

entusiasmo por la temática. De manera imprevista al inicio de una clase y sin que supieran nada del proyecto, se les hizo a los alumnos la siguiente pregunta que debían responder rápidamente en no más de dos minutos: "Un conocido viene a verte y te comenta que necesita un colaborador para trabajar en un laboratorio con caracoles de agua dulce. Califica en una escala 1-10 tus expectativas y ganas de trabajar en esta propuesta". A fin de calibrar la veracidad de las respuestas, se retiraron de los cómputos las calificaciones extremas, 1 y 10.

Una vez sondeado el grado de motivación inicial, pasamos a la fase de sensibilización en la temática, por medio de una introducción audiovisual asignada a dos alumnos (JMG & MC), quienes estudiaron, armaron una presentación digital y expusieron sobre la ecología de la relación biomfalaria/*Schistosoma* y sus consecuencias para el humano. Luego de la misma, procedimos a explicar el trabajo práctico (Anexo 1) y posteriormente, en el mismo día, ejecutamos la primera parte.

¿Cómo entramos al laboratorio? Previamente formamos siete grupos de alumnos y una vez movilizados físicamente y sentados en mesadas especialmente preparadas para ellos, se les asignó un frasco y una cápsula de Petri con cinco caracoles. La propuesta era armar el dispositivo de crianza, analizar ciertas variables tales como el pH y la temperatura del agua y desde lo biológico, el peso y el estado de conservación de la conchilla. En este último caso se les indicó que debían dar un indicador estimativo como porcentaje de deterioro de la misma (Figura 5). Por último, los alumnos debían colocar 0,5 gramos de surimi en el recipiente y dejar el sistema experimental a resguardo en el laboratorio. A la semana siguiente, el procedimiento se repitió bajo los mismos lineamientos, pero para esta instancia ya debían calcular y registrar las diferencias entre los registros iniciales y finales. A modo de ejemplo, presentamos en el anexo una planilla de registro de uno de los grupos y el cuestionario de la autoevaluación, que contemplaba una opinión general sobre lo vivenciado.

Al terminar la experiencia, procedimos a realizar la autoevaluación sobre lo realizado y por supuesto luego sondeamos una vez más el grado de motivación



Figura 5. Un equipo de trabajo tomando registro de las factores abióticos y variables biológicas.. Foto: Aldo Mario Giudice.

y entusiasmo final bajo la pregunta concreta que nuevamente debían responder rápidamente: “si el trabajo con caracoles hubiera comenzado a las 10 AM y tuviera una duración de dos horas, si hubieras podido irte con total libertad del laboratorio: ¿a qué hora te hubieras marchado?”

Resultados son amores 2: ¡Los alumnos hablaron!

El índice promedio de motivación inicial fue de 5,37 (N = 34). La motivación fue buena para 18 alumnos, regular para tres y mala para 13. Los alumnos trabajaron de acuerdo a lo indicado, llenando las tablas de registros iniciales y finales. Como crítica general, se enfatizó que no había un kit de sensores por grupo, con lo cual tenían que esperar que otro cediera el instrumental, esto generaba tiempos muertos y distracciones. No obstante, hubo un interés general por lo que estaban haciendo o por lo menos respeto a la propuesta que rompía la monotonía áulica. En la encuesta solicitada al finalizar el trabajo, los grupos dieron las siguientes respuestas:

“Esta práctica nos ayudó a comprender el comportamiento de una especie que nunca antes habíamos visto. Nos pareció interesante y estábamos ansiosos por ver el resultado y la evolución del experimento. Creemos que es de valor por si el parásito se propaga a Buenos Aires”

“Nos pareció una práctica interesante y rica. Nos transmitió conocimientos de los que carecíamos. En Buenos Aires puede ayudar a prevenir la esquistosomiasis”

“Pensamos que la práctica nos interesó por ser algo nunca antes realizado en el colegio. En Buenos Aires no parece ser importante, pero si uno viaja a zonas donde está la enfermedad puede ser importante saberlo como para prevenir”

“Nos pareció una actividad interesante ya que pudimos llevar a la práctica la teoría vista y explicada por los amigos que dieron la clase especial. Fue una actividad interactiva y didáctica donde pudimos aprender más sobre este caracol. Es importante saberlo por si se viaja a lugares donde está el parásito”

“Para nosotros esta práctica fue relativamente buena ya que podemos observar más detenidamente su anatomía externa y comportamiento. Es importante para prevenir si uno va a lugares con aguas infectadas por este parásito”

“Nos ha parecido una buena aproximación. Más allá de esto, nos dio algo de repulsión que causó algo de problema a la hora de agarrarlos para pesarlos. Como parece fácil de propagarse, saber esto es bueno para evitar riesgos de contagio”

“Fue una actividad novedosa, corta, sencilla y práctica. Entretenida. Será importante saberlo si uno va a viajar. En particular, aquí en Buenos Aires no será nada útil dado que el parásito no se encuentra”

Una evaluación formal, la típica prueba escrita, dio cuenta que el 63% de los alumnos aún mantenían dificultades para asociar al caracol con la transmisión

directa del parásito al humano. El nivel final promedio de motivación estimado fue de 6,08 (N= 34), encontrando buena motivación para 19, regular para 10 y mala para 5. Pero, en definitiva, no hubo diferencias significativas para los índices de motivación inicial y final de la secuencia de clases ($X^2 = 0,89$; $p > 0,05$).

¡Así es el proyecto Beagle!

Esta experiencia muestra a las claras que a veces los proyectos escolares tienen desenlaces inesperados y está bueno poder, si se tiene interés y tiempo, capitalizarlos para enriquecer la práctica docente, que, con los años, si no se encuentra la manera de fertilizarla, se va inexorablemente marchitando, perdiendo sentido y rumbo. Las biomfalarias se impusieron de manera totalmente imprevista y estas palabras en vez de ser sobre etología en peces dan cuenta de ellas, de cómo un puñado de invertebrados ayudaron a revivir las utopías de un docente en el medio escolar secundario.

Desde el punto de vista biológico algunos resultados coinciden con estudios previos, tal los casos de la influencia del oxígeno disuelto en la profundidad de ovoposición y el efecto de la dieta mixta como propulsor de una mayor fecundidad, al tener un mejor balance de nutrientes (Santos y Freitas, 1987).

Otros resultados, como la ovoposición en superficies verticales, parecen estar de acuerdo con el comportamiento de biomfalarias en vida silvestre, en el cual los ejemplares colocan las cápsulas de huevos en la vegetación y suponemos que la preferencia por la silicona puede estar asociada al encontrar en ella los estímulos que la textura de la vegetación les brinda en esta conducta. La posibilidad de llevar a experimentación la suposición fue discutida con alumnos involucrados en el trabajo y ellos mismos sugirieron el diseño de peceras con varillas verticales de distintos materiales de hecho, un alumno pensó en usar los tallos de papiro *Cyperus sp.* En este sentido, también podrían ser los de *Equisetum sp.*

El derrame didáctico tuvo un alcance limitado en cuanto a ver al laboratorio como un *moluscario*, quedando la experiencia en algo más anecdótico y entretenido por el quiebre de la rutina, que obviamente vale como puerta de entrada al tratamiento de otras problemáticas basadas en zoonosis y ciclos de vida de vida de los vectores y agentes etiológicos (Robbins, 2012). En las siguientes clases, donde desde la teoría se analizaron zoonosis de Argentina y del mundo, algunos alumnos utilizaron el caso de esquistosomiasis como un parámetro de comparación para comprender los detalles de otras como el dengue o el mal de Chagas-Mazza, y más allá de las dificultades en la identificación del agente etiológico, este aspecto parece positivo al generarse un esfuerzo en la búsqueda de una asociación y bien sabemos que asociar es parte del un aprendizaje significativo (Sanjurjo y Vera, 1994).

Catarsis final

En virtud de su importancia como vector de esquistosomiasis, se justifican los esfuerzos realizados para lograr develar aspectos de su conducta y divulgar el tema en la escuela secundaria. Desde lo experimental, este trabajo evidencia el nivel de información que puede obtenerse en un laboratorio escolar, con tal solo ser humilde y sistemático en los procedimientos experimentales y este aspecto se considera pertinente para estimular el interés por la investigación que el modelo pedagógico Beagle considera fundamental para dar clases de biología (Giudice, 2017).

Los problemas sanitarios motivados por animales merecen particular atención dado que la solución a los mismos no es sencilla al estar enquistados en redes ecosistémicas. Si no hay un conocimiento global que integre todos los componentes biológicos y humanos, sencillamente una zoonosis no puede ser eliminada, por lo tanto, para poder esgrimir algún tipo de manejo regional preventivo habrá que lograr una cuota extra de inversión en investigación, un aspecto que se intenta transmitir al alumnado en la tarea de colaborar en la formación de un ciudadano responsable y sensible respecto al cuidado de la casa común (Robbins, 2012).

La esquistosomiasis está golpeando a las puertas de la región mesopotámica argentina, pero todavía no es un problema sanitario de relevancia. En Buenos Aires, lejos de la zona de alarma, prácticamente no se tiene conocimiento de la misma, no obstante, hasta hace relativamente poco tiempo la población no estaba consustanciada con ciertas zoonosis transmitidas por el mosquito *Aedes aegypti* y hoy los vocablos dengue, zika y chikungunya, remiten a conceptos ya instalados en la sociedad al ser habitualmente mencionadas en las campañas masivas de difusión; hasta la fiebre amarilla ha sido objeto de preocupación por parte de un segmento de alto poder adquisitivo de la población con aspiraciones turísticas hacia ciertas partes de Brasil, que colmó los hospitales públicos de Buenos Aires para vacunarse y hasta se reportaron dos casos no autóctonos de *vómito negro*, otro nombre con el que se conoce la enfermedad, en los que regresaron (Perfil digital, 2018). Hasta los mismos alumnos que hicieron la práctica con las biomfalarias estaban en proceso de vacunación para fiebre amarilla por el lugar a donde iban a ir en el viaje de egresados, por lo cual el tema esquistosomiasis y su forma de transmisión develado en el audiovisual previo, fue un punto de asociación con un episodio de su vida real. Los alumnos JMG & MC que introdujeron el tema en el audiovisual mencionaron, mostrando una fotografía de jóvenes egresados bañándose en un ambiente lacustre, que “de haber cercarías en esas aguas, estos chicos saldrían tal vez con una picazón en la piel de las aguas, sin unir este síntoma a una posible infección por *Schistosoma mansoni*”.

Si se tiene en cuenta que la esquistosomiasis es parte de las *desatendidas*, nombre con que se conocen a un grupo de 18 zoonosis, que “pierden en la competencia por los titulares periodísticos ante la

política, el deporte y el espectáculo” (Bar, 2017), este tipo de actividades didácticas con biomfalarias parecen apropiadas para la mentada formación ciudadana.

Al terminar de escribir estas experiencias en 2021, nos hallamos en un mundo muy distinto al que se vivió con las biomfalarias polizontes. Ahora, aislado, con barbijo y alcohol en gel a mano, la nostalgia me invade. Las biomfalarias ya están esfumadas físicamente de la escena escolar y prácticas como la que se describieron parecen improbables que se puedan montar próximamente. Hoy parece ridículo hablar de otro agente etiológico que no sea el virus SARS-COV-2, el tema de la pandemia ha absorbido toda nuestra atención y con justa razón, la vida está en riesgo. Pero no perdamos el horizonte, hay que imponer el concepto que las *olvidadas* están presentes, no desaparecieron y que ellas irrumpen en perjuicio de la salud pública tiene los mismos condimentos que la expansión que llevó a la globalización del coronavirus citado, que pone en jaque el sistema sanitario de las naciones. De la defensa del sistema inmunológico de la naturaleza dependerá el bienestar futuro de la humanidad (Robbins, 2012).

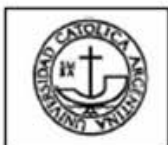
Lo que todavía me asombra y me lleva a la reflexión pedagógica es que hayan sido unos caracoles clandestinos, claramente no humanos y menos *sapiens* que *sapiens*, los que nos guiaran a trabajar y nos tomaran la mano para escribir todo lo dicho en el ámbito del Beagle pre-pandemia.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento al curso de quinto año, promoción XXXVIII que en 2018 acompañó las prácticas sobre este caracol, en particular a Juan Martín Giacoia y Mauricio Comesaña por propulsar con su interés y trabajo rutinario los estudios en *Biomphalaria* en el período 2016-2018. A las autoridades de la Unidad Académica Santo Tomás de Aquino. A Ana Vitticioli (1971 – 2020) por su interés y apoyo a mis tareas docentes y de encargado de laboratorio en la institución. Al personal de la casa, Marta, Isabel y Cano, cuyo acompañamiento y colaboración en aspectos administrativos y de mantenimiento fue fundamental para el desempeño del laboratorio de ciencias. Un agradecimiento especial a Carlos “Charly” Giacoia por siempre promover la divulgación de las publicaciones del Proyecto Beagle en la revista *Ucaactualidad*.

Bibliografía

- Bar, N. (26 de mayo de 2017). Ojos que no ven. *La Nación*. Recuperado el 28 de febrero de 2018 de: <https://www.lanacion.com.ar/2027423-ojos-que-no-ven>
- Barbado, J. L. (2003). *Cría de caracoles y moluscos marinos*. Buenos Aires: Editorial Albatros.
- Barbosa, F. S. & Barbosa, C. S. (1994). The bioecology of snail vectors for schistosomiasis in Brazil. *Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro*, 10(2), 200-209.
- Curtis, H. y Barnes, N. S. (1993). *Biología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Custodio, H., Molina M., Dietrich, D. y Darrigan G. (2017). Fichas malacológicas: esquistosomiasis: ¿una enfermedad sin fronteras? Un potencial caso entre Argentina y Brasil. *Revista Boletín Biológica*, 38, 26-28.
- Giudice, A. M. (2009). ¿Qué tienen los moluscos acuáticos para decirnos sobre la alfabetización científica? *Revista Consudec*, 1075(23).
- Giudice, A. M. (2016). El Beagle, un proyecto de investigación exploratoria en la escuela media: notas preliminares sobre el escarabajo de la harina en el ámbito de un laboratorio escolar. *Revista Boletín Biológica*, 35, 22 – 33.
- Giudice, A. M. (2017). Un motivo concreto para experimentar en la escuela: Análisis ecotoxicológicos para defender el ambiente. *Revista Boletín Biológica*, 37, 10 – 19.
- Kelmansky, D. (2009). *Estadística para todos, estrategias de pensamiento y herramientas para la solución de problemas. Colección: Las ciencias naturales y la matemática*. Ministerio de Educación de la República Argentina, Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
- Martínez-Cavero, L. (2007). Estudio del comportamiento del molusco *Biomphalaria tenagophila* (Gastropoda: Pulmonada) ante distintos tipos de alimento. *Anales Universitarios de Etología*, 1, 63-66.
- Nahabedian, D. E. (1992). *La estructura y formación de la cápsula de los huevos de Biomphalaria glabrata (Mollusca: Pulmonata = Planorbidae)*. Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires. Biblioteca Digital. Facultad Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Recuperado el 24 de marzo de 2018 de: <http://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/2485Nahabedian.pdf>
- Organización Mundial para la Salud. (2014). *Esquistosomiasis, nota descriptiva N° 115*. Recuperado el 23 de febrero de 2018 de: https://medicinainternaaldia.files.wordpress.com/2015/06/oms-_esquistosomiasis.pdf
- Perfil digital. (22-1-2018). *Miles de personas quieren vacunarse contra la fiebre amarilla*. Recuperado el 15 de junio de 2018 de: <http://www.perfil.com/noticias/salud/aumento-el-numero-de-personas-que-quieren-vacunarse-contra-la-fiebre-amarilla.phtml>.
- Robbins, J. (14 de Julio de 2012). The ecology of disease. *The New York Times*. Recuperado el 17 de octubre de 2012 de: <https://www.nytimes.com>.
- Rumi, A. y V. Núñez. (2013). Gasterópodos continentales de importancia sanitaria en el noreste argentino. En: O.E. Salomón y A. Rumi (eds). *Moluscos de interés sanitario en la Argentina*. (pp. 7-39). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Editorial INMeT.
- Rumi, A.; Gutiérrez Gregoric, D. E. y Roche, A. (2009). Tendencias del crecimiento individual en poblaciones naturales de *Biomphalaria* spp. (Gastropoda, Planorbidae) en la Cuenca del Plata, Argentina. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay*, 9(92), 185-193.
- Sanjurjo, L. y Vera, M. T. (1994). *Aprendizaje significativo y enseñanza en los niveles medio y superior*. Rosario: Homo sapiens ediciones.
- Santos, M. B. L. y Freitas, J. R. (1987). Perifiton como alimento da *Biomphalaria Tenagophila* (Gastropoda, Planorbidae). *Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo*, 29(2), 76-79.
- Vilches, A.; Arcarí, N. y Darrigran, G. (2010). Introducción a las invasiones biológicas. *Revista Boletín Biológica*, 17, 14-19.
- Ville, C. A., Walker, W. F. y Smith, F. E. (1983). *Zoología*. (3° edición). México: Nueva Editorial Interamericana.



Anexo 1

*Manejo del caracol dulceacuícola *Biomphalaria tenagophila* en laboratorio*



El mantenimiento de poblaciones de animales endocriadas en el laboratorio es importante para emprender distintos estudios biológicos en condiciones controladas. En esta práctica en particular, tomaremos como eje de trabajo a

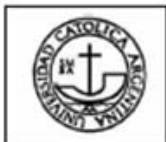
una población de *Biomphalaria tenagophila*, molusco de importancia sanitaria al ser parte fundamental en el ciclo de vida de un parásito (*Schistosoma mansoni*) que produce una severa enfermedad en el hombre, la esquistosomiasis. En este sentido, los estudios de laboratorio persiguen distintos objetivos que van desde análisis de la morfología, la fisiología o el comportamiento, hasta el análisis de cómo los rasgos genéticos del caracol afectan la infección con *Schistosoma mansoni*.

El objetivo del presente trabajo práctico es llevar a cabo procedimientos de manejo y observación de ciertas variables ambientales y de pulsos biológicos en una población endocriada de *Biomphalaria tenagophila* en el laboratorio de ciencias del colegio.

Procedimientos

Se asignarán caracoles por grupo y un frasco que oficiará de medio de mantenimiento. El mismo se llenará con agua de red en sus $\frac{3}{4}$ partes. Cada grupo, antes de implementar la alimentación, deberá obtener los siguientes registros:

0. Número total de caracoles
1. Peso de todos los caracoles
2. pH
3. Temperatura (°C) del agua y ambiente



4. Obtener un indicador del estado de la conchilla (explicación en clase). Una vez tomados estos datos, se procederá a colocar alimento en cada recipiente.

Luego de 7 días, se registrarán los mismos parámetros que en la fase inicial. A estos registros se le adicionará el conteo de ovipuestas, las cuales serán observadas a través de una lupa binocular. Una vez terminado el procedimiento, los caracoles serán colocados en la pecera nodriza de la cual provenían.

Informe

Cada grupo deberá entregar un informe en el cual consten los resultados obtenidos en la experiencia.

Evaluación

Redactar una evaluación general de la experiencia.