

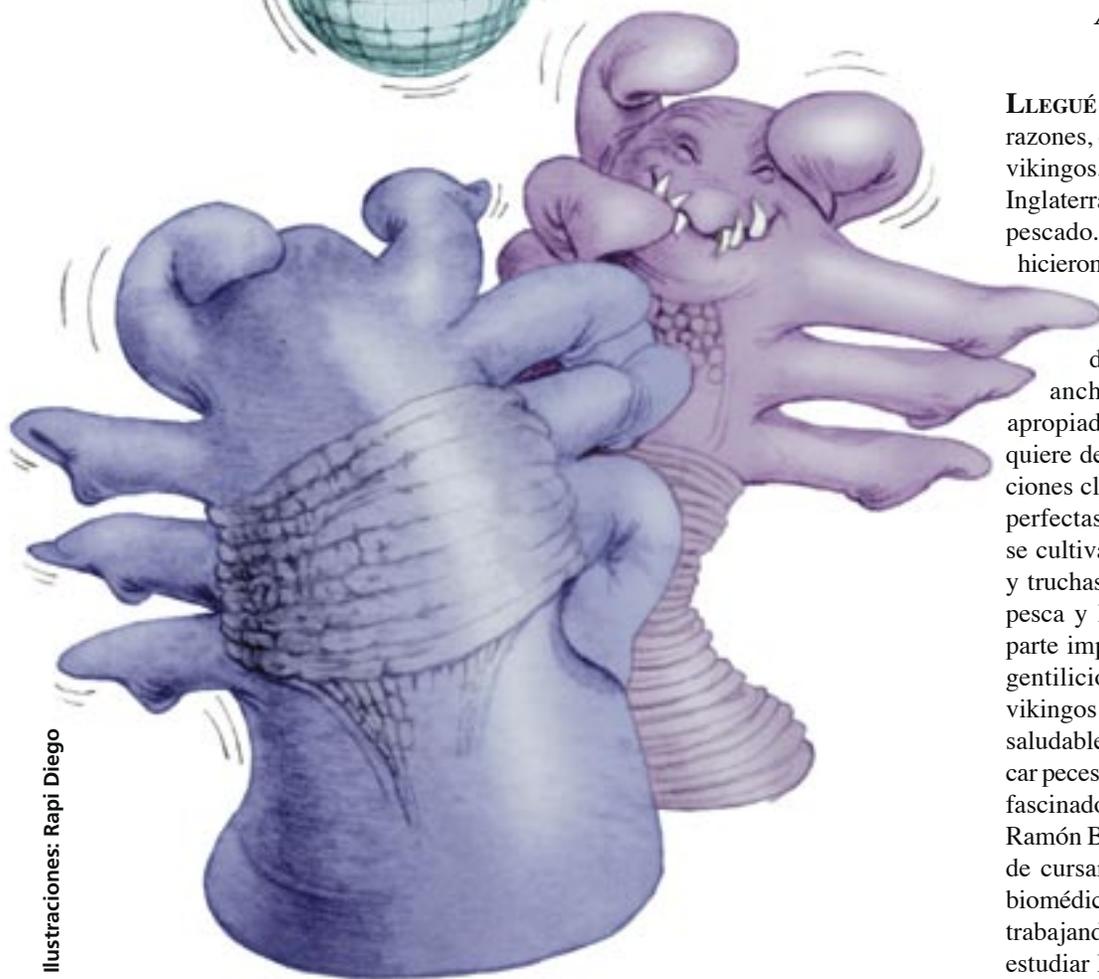


DISCOTECAS ACUÁTICAS

CRÓNICA DE UNA INVESTIGACIÓN
Miguel Rubio Godoy

Los caminos de la ciencia son muchos y variados. El que eligió un estudiante de doctorado interesado en los peces pasa por ciertas cantinas británicas, recorre estanques y termina en un laboratorio donde se organizan convivios muy peculiares.

A mi hermana Nina (1969-2004)



LLEGUÉ A LA ISLA de Man por múltiples razones, entre ellas la misma que tenían los vikingos. Allí, justo a media travesía entre Inglaterra e Irlanda, se aprovisionaban de pescado. Desde que los escandinavos se hicieron a la mar en sus formidables barcos de combate, los *drakkar*, hacia el siglo VIII, en esta verde isla de unos 50 km de largo por 20 de ancho, abundan los salmones en el apropiadamente llamado río Laxey (*Lax* quiere decir salmón en danés). Las condiciones climáticas en el Mar de Irlanda son perfectas para los salmónidos y por ello se cultivan distintas especies de salmones y truchas en diversos puntos de la isla; la pesca y la acuicultura siguen siendo una parte importante de la economía *manx* (el gentilicio del lugar). A diferencia de los vikingos que andaban en pos de animales saludables y regordetes, vine a la isla a buscar peces enfermos. Directamente influido y fascinado de niño por los documentales de Ramón Bravo y Jacques Cousteau, después de cursar la licenciatura en investigación biomédica básica, decidí hacer el doctorado trabajando con peces. En particular, quería estudiar la estrecha y no siempre amistosa

relación entre los peces y sus parásitos. De ahí la necesidad de conseguir peces maluchos.

Investigación en el bar

Algunas de mis pesquisas parasitológicas se iniciaron en las cantinas... Aunque seguramente haya más de uno que no se crea este argumento, ir a la tradicional cantina británica o *pub* no sólo era un placer sino una parte importante de mi trabajo. Me bebía una serie de pintas (medida inglesa de poco más de medio litro) de la deliciosa y casi sólida cerveza irlandesa Guinness, jugaba dardos y convivía con los acuacultores para que en nuestras conversaciones recordaran de pronto si cierto número de sus peces habían muerto por alguna infección, aunque esto no necesariamente constara en los registros oficiales de las dependencias gubernamentales encargadas de regular la acuicultura... Así aproveché la científicamente probada capacidad del alcohol para inducir la locuacidad (véase “Alcohol; la ciencia de la libación”, *¿Cómo ves?*, No. 62) y determinar en qué granjas debía obtener mis muestras. En defensa de mi reputación, diré que, en el curso de estos intercambios, también fui locuaz y que a la fecha continúo siendo amigo y confidente de algunos acuacultores, con quienes gustoso sigo compartiendo una copa aunque no platiquemos de peces.

Terminé trabajando en dos granjas. En una sólo cultivan trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), que es una especie originaria de Norteamérica y fue introducida a Europa a finales del siglo XIX. En la segunda, aparte de trucha arcoiris, crían trucha café (*Salmo trutta*), una especie originaria del continente eurasiático. En ambas granjas tenían problemas con un gusano llamado *Discocotyle sagittata*. Los adultos de este bicho miden unos 5-8 mm (más o menos el tamaño de un grano de arroz) y viven en las branquias de los peces, a las que se sujetan con cuatro pares de poderosas tenazas. Dañan a los peces pues son sanguívoros (comen sangre) y cuando una pobre trucha tiene muchos parásitos, literalmente se la chupan viva o la dejan anémica, para emplear el término adecuado. Los gusanos adultos son hermafroditas y, por lo tanto, podrían autofecundarse; pero, al parecer, prefieren gozar de las mieles del sexo para que haya variabilidad genética en las poblaciones. Para esparcir los huevecillos,

los dejan a la deriva de la corriente de agua que el pez mantiene constantemente sobre sus agallas para poder respirar.

Los huevos del parásito son una maravilla: su forma ovalada hace que, no obstante las corrientes, se hundan y no se dispersen demasiado. Una dura cubierta externa protege la larva de daños mecánicos y químicos, y es suficientemente desagradable como para que no se la coman otros gusanos y demás criaturas en el fondo del lago, río o estanque. Cuando la larva está lista para salir, no es necesario que rompa el cascarón, pues su residencia embrionaria cuenta con una escotilla que se abre elegantemente. Las larvas tienen reservas energéticas para nadar unas 24 horas y exploran el agua buscando un pez al cual infectar. Una vez que localizan una residencia adecuada —recuerden que el animal infectado de hecho es el hábitat del parásito— las larvas de *Discocotyle* se prenden de las branquias con el par de tenazas que tienen desde chiquitas y se dedican a desarrollar nuevas, hasta alcanzar cuatro pares y aumentar de talla. La localización de un pez para infectar no es asunto trivial, si consideramos que estos vampiros acuáticos casi microscópicos miden medio milímetro al emerger del huevo, y por más veloces que sean no alcanzarían jamás a un poderoso nadador como el salmón o la trucha. Para facilitar el peligroso proceso del abordaje de un nuevo hospedero o transmisión, *Discocotyle* emplea una estrategia genial: las larvas infectivas emergen de sus huevos una vez que se puso el Sol, cuando los peces están reposando más o menos inmóviles y cerca del fondo. Aunque los peces no pueden cerrar los ojos porque no tienen párpados, ¡también duermen!

Pescando hipótesis científicas

Recopilé datos en las granjas durante tres años, haciendo dos visitas anuales: una al inicio del verano y la otra al final del otoño.

En cada inspección les corté las agallas a un grupo de peces de distintas edades y conservé los órganos en formol para poder



Microfotografía de las tenazas de un *Discocotyle sagittata* adulto. Con estas robustas pinzas, el parásito se sujeta a las branquias de los peces.

transportarlos y analizarlos después en el laboratorio. Una vez ahí, separaba los cuatro arcos branquiales que componen el aparato respiratorio de los salmónidos y los revisaba bajo el microscopio. Cada vez que encontraba un *Discocotyle*, anotaba cuidadosamente en qué arco branquial lo había localizado y cuántas tenazas había desarrollado. Después de hacer este procedimiento infinidad de veces (para cada uno de los arcos branquiales de cada uno de los peces de cada una de las distintas edades colectadas durante cada una de las inspecciones) y analizar la base de datos con la información de todas las visitas, comenzó a surgir una imagen más clara de cómo se infectan los peces en las granjas.

En las muestras obtenidas al inicio del verano sólo encontraba gusanos adultos, gordos y sólidamente fijados a las branquias con sus cuatro pares de tenazas. Esto indicaba que durante los meses previos no había habido nuevas infecciones, pues de lo contrario habrían aparecido gusanos en etapas intermedias de desarrollo luciendo menos de cuatro pares de tenazas. Al analizar las muestras tomadas en las granjas un poco más entrado el verano, seguía hallando gusanos adultos, pero acompañados de cantidades enormes de gusanitos recién mudados a las branquias. Sabía que eran inquilinos recién desempacados, pues además de que eran diminutos, contaban solamente con un par de pincitas para mantenerse en su sitio y tenían todavía el par de células pig-

mentadas que permiten a las larvas detectar la luz; éstas se pierden poco después de haber infectado exitosamente a un pez. Este segundo escenario implicaba que al inicio del verano, las truchas de las granjas habían sufrido infecciones masivas, probablemente cuando los huevos del parásito depositados durante la primavera eclosionaron casi simultáneamente, en cuanto la temperatura del agua fue favorable para su desarrollo. En las muestras obtenidas en el otoño encontré otro par de situaciones usuales. La primera era que las branquias de los peces parecían un catálogo de todas las etapas de desarrollo del parásito. Esta colección verano-otoño de gusanitos indicaba que, durante los meses previos a la inspección, es decir, de junio a noviembre, la transmisión de *Discocotyle* es continua.

El cuarto escenario consistía en que algunos peces tenían números muy altos de parásitos de todos tamaños, mientras que sus vecinos de estanque sólo tenían algunos parásitos adultos. Esto era curioso; considerando que las muestras provenían de un mismo tanque, uno esperaría que todos los peces ahí albergados habrían estado expuestos al mismo riesgo de infección y, por lo tanto, tendrían números similares de parásitos. Finalmente, era notorio que en la granja donde cultivaban trucha arcoiris y café, los niveles de infección de la trucha café siempre eran considerablemente menores que los de la importada: únicamente en la arcoiris se observaron cargas de más de 500 gusanos por pez y episodios de mortalidad masiva de estanques enteros.

Esta serie de observaciones invitaba a formular infinidad de preguntas. Por citar unas cuantas, si los peces están expuestos tanto a un montón de parásitos de golpe como a una infección en cómodas mensualidades: ¿al sistema inmune de los peces le afectan igual ambos tipos de exposición?, ¿los gusanos las emplean indistintamente?, ¿es igualmente eficaz el gusano en ambos tipos de invasión?, ¿la presencia de un montón de gusanos en la agallas de una trucha es suficiente para inducir una respuesta inmune en ella?; y en caso afirmativo, ¿cómo le

hacen los peces para atacar a unos gusanos que traen colgados pero en realidad no están dentro de su cuerpo?, ¿cómo se defiende el parásito cuando el sistema inmune del pez lo ataca y qué es lo que hace? Y si las dos especies de trucha presentan niveles de infección tan distintos, ¿es simplemente porque la trucha café es más cara y por ello está más mimada por los trucicultores y corre menos riesgo de infectarse, o en realidad hay diferencias fundamentales entre ambas especies de salmónidos, que les permiten controlar con distinta eficacia los parásitos que intentan colonizarlos?

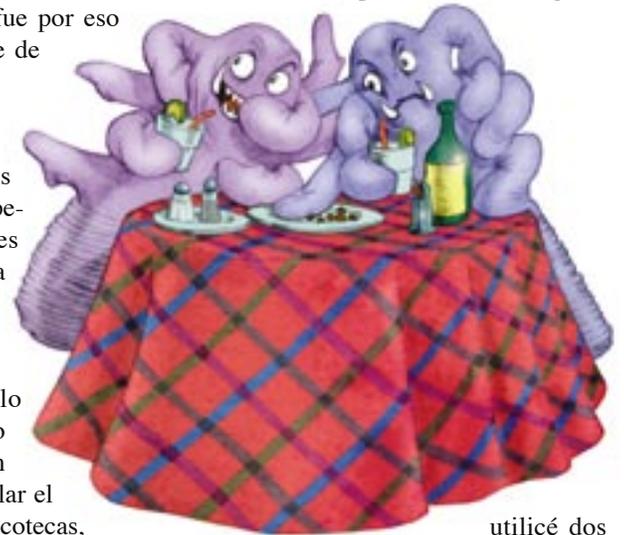
Había un sinnúmero de interrogantes cuya respuesta no podía resolver fácilmente en las granjas mismas. Y fue por eso que decidí organizar una serie de discotecas...

¿Discotecas?

Una discoteca, como ustedes saben, es el lugar donde los peces y los *Discocotyle* jóvenes se reúnen y se la pasan bomba durante varias horas. Los sitios de esparcimiento que organicé estaban muy controlados: en un tanque ponía a un solo pececillo y un número preciso de larvas de *Discocotyle* recién salidas del huevo. Para controlar el número de gusanitos en las discotecas, más que contratar a un par de malas bestias que vigilaran la entrada, incubé huevos del parásito y una vez que abrían su escotilla, bajo el microscopio contaba un número exacto de ágiles nadadores y los metía al reventón. Una vez juntos, las truchas y los *Discocotyle*, les apagaba la luz y los dejaba que hicieran sus cositas en paz hasta el día siguiente. Así, determiné que la infección masiva (de un solo golpe) y la gradual (poco a poco) de la trucha con este bicho son comparables en eficacia, sin importar cómo había organizado los encuentros entre peces y gusanos. Al contar los parásitos presentes en las agallas al cabo de un mes, recuperaba consistentemente más o menos la mitad de los empleados para la infección.

Por ejemplo, recuperaba unos 100 gusanitos tanto en los peces que pasaron una sola noche con 200 larvas de *Discocotyle* como en aquéllos más parranderos y promiscuos que se liaron con 50 durante cuatro semanas consecutivas. También descubrí que los parásitos crecían un poco menos cuando llegaban todos de golpe a las agallas, lo cual implicaba que, como cualquier otra especie animal, posiblemente compiten entre ellos por los recursos disponibles.

Tras haber encontrado que el resultado de los encuentros en las discotecas era predecible y consistente, intenté determinar si los peces son capaces de desarrollar inmunidad en contra del parásito. Para indagarlo



utilicé dos vías. Una consistió en inmunizar a mis peces de manera natural, como nos protegemos en contra de las enfermedades que sufrimos de niños. Para ello, los infecté y después de unos meses les di un antihelmíntico, es decir, una medicina para matar a los gusanos. Suena raro, pero los peces se pueden manipular como cualquier otro animal de laboratorio: se les puede anestésiar, inyectar, dar jarabe, operar, etc. Después de haberles dado el antihelmíntico a mis peces infectados —cosa que usualmente hacemos con nuestros perros y gatos— los reinfecté para determinar si esta segunda exposición a *Discocotyle* era igual de eficaz que la primera. Y resultó que los peces sí son capaces de desarrollar inmunidad natural,



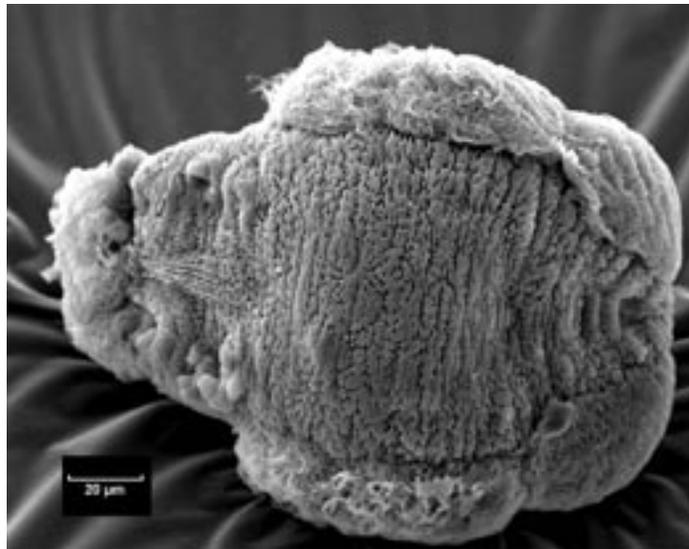
pues en la segunda exposición controlaban el parásito significativamente mejor, pero sólo si los había infectado inicialmente con varias dosis pequeñas de gusanos. Los peces que recibieron una infección masiva no desarrollaron protección contra *Discocotyle*; ¿pasaría lo mismo con las truchas en las granjas que quizá se infectan de golpe cada verano?

La segunda manera de probar si los peces desarrollan inmunidad contra este gusano fue vacunarlos contra él. La vacuna consistió esencialmente en un licuado de varios de los cientos de gusanos que había coleccionado en las granjas. Una vez preparada la pócima, inyecté con ella a varios grupos de peces a quienes después encerré con 100 gusanos en las ya tan mentadas discotecas. También en este caso resultó que una buena proporción de los peces vacunados eran capaces de limitar el número de gusanos que los invadían. Y posteriormente descubrí que lo hacían produciendo anticuerpos específicamente elaborados en contra de *Discocotyle*. Con toda razón se preguntarán: ¿y cómo le hacen los anticuerpos para atacar a un bicho que está colgado afuera del pez? Y la respuesta a tan pertinente cuestión es que los

peces secretan moco en toda su superficie (por eso se sienten tan resbaladizos) y en este moco hay anticuerpos e infinidad de otros compuestos que los ayudan a mantener a raya a los microbios y a otros bichos que pretenden invadirlos.

Y es precisamente otro componente secretado por el moco de los peces, el llamado complemento, el que contribuye a que la trucha café no se infecte tanto como la arcoiris: el de la especie europea es más eficiente que el de la norteamericana para matar a las larvas infectivas. El complemento está compuesto por una serie de proteínas del suero sanguíneo que pueden perforar a los bichos a los que se les pegan; al igual

que los anticuerpos, el complemento es secretado con el moco. Y quizá la diferencia entre los complementos de ambas especies se deba a que han estado expuestas al parásito *manx* durante intervalos distintos. La trucha café lleva literalmente siglos lidiando con *Discocotyle* y probablemente sabe cómo llevar la fiesta más o menos en paz. A la trucha arcoiris estos parásitos se la llevan al baile, y apenas (como diría el escritor Mario Benedetti) ha convivido con ellos unos 130 años, que no es nada desde



La larva infectiva de *Discocotyle sagittata* cuenta con un par de tenazas para sujetarse de las agallas del pez, y con una serie de cilios en los flancos que utiliza para nadar.

una óptica evolutiva. Se ha propuesto que los parásitos y los organismos que infectan están enfrascados en una carrera armamentista de perpetuos ataques y contraofensivas (véase “Un mundo de parásitos”, *¿Cómo ves?*, No. 46), y que una guerra muy prolongada puede desembocar en una tregua en la que los dos combatientes “acuerdan” mantener niveles infectivos que les permitan a ambos sobrevivir.

De la discoteca a la vida real

¿Y cuál es la relevancia de estos estudios para los acuicultores, para los científicos, para el público en general? No es porque lo diga yo, que obviamente soy un interesado

en el asunto, pero este (¡y cualquier!) tipo de investigación básica es importante por varios motivos. La acuicultura se beneficia, pues el estudio de los parásitos que afectan a las granjas piscicultoras es fundamental para controlarlos y lograr mantener e incrementar la productividad. Los científicos también, porque el estudio de cómo le hacen los peces para lidiar con los bichos que pretenden convertirlos en su hogar arroja luz sobre el funcionamiento de su sistema inmune. Y esto es importante, pues en el peldaño de la escala evolutiva ocupado por los peces es donde aparece, justamente, lo que llamamos “sistema inmune”. Estudiando cómo funciona un sistema defensivo que es antecesor directo pero un tanto menos complejo que el de los vertebrados superiores, eventualmente podría llevarnos a comprender y manipular al nuestro; pero eso es harina de otro costal. La sociedad en general se beneficia de la investigación básica pues ésta es la fuente y motor de la innovación tecnológica; y ésta es a su vez una pieza clave para el desarrollo económico de un país. Huelga decir que su servidor también se benefició en el proceso de investigación: hacer el

doctorado con peces me permitió aprender mucho de estos maravillosos embajadores de otro mundo; en cierto modo, sacarme la espinita de no haber seguido mi idea infantil de ser biólogo marino; visitar sitios preciosos como la Isla de Man; colaborar con científicos de varios países, en particular un querido grupo de colegas daneses, digamos que herederos indirectos de los vikingos; y sobre todo, ¡divertirme como enano! 🐼

Miguel Rubio Godoy obtuvo su licenciatura en investigación biomédica básica en la UNAM y el doctorado en la Universidad de Bristol, Inglaterra. Es un colaborador habitual de esta revista.

