





ENTREVISTA A HANNA KOKKO

Catedrática de Biología Evolutiva de la Universidad de Zúrich

«LA EVOLUCIÓN NO SIEMPRE CONDUCE A MEJORES RESULTADOS PARA LA ESPECIE»

Pau Carazo y Eduardo M. García-Roger

Fotografías de Jesús Císcar

El pasado 26 de octubre, el Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universitat de València celebró el vigésimo aniversario de su fundación con una jornada científica centrada en explorar la intersección entre biodiversidad y evolución. La jornada, que reunió a la práctica totalidad de sus miembros en el privilegiado entorno del Jardín Botánico de la Universitat de València, fue todo un éxito. Particularmente destacable fue la apertura de dicha jornada, a cargo de la doctora Hanna Kokko, catedrática de Biología Evolutiva en la Universidad de Zúrich y una figura destacada de la biología evolutiva contemporánea. Especializada en la aplicación de modelos matemáticos para desentrañar la lógica de la evolución, la doctora Kokko ha realizado aportaciones trascendentales a cuestiones centrales en biología evolutiva, tales como la evolución y el mantenimiento del sexo, la cooperación, la interacción entre ecología y evolución o, más recientemente, la ecología evolutiva del cáncer. Tras una estimulante sesión matutina, aprovechamos la relajación de la sobremesa para conversar con ella sobre los orígenes de su brillante carrera, la evolución, el sexo y el cáncer, entre otros asuntos.

Su carrera comenzó en el campo de la ingeniería y la matemática aplicada. ¿Qué la llevó a la biología y, en especial, a la biología evolutiva?

Es una historia interesante, supongo. Siempre me ha fascinado la biología. Ya desde niña me gustaba observar aves y de adolescente leía libros de Dawkins y cosas así, pero al mismo tiempo no llegaba a ver que la biología podía ser un objeto de estudio matemático. Se me daban bien las matemáticas y los libros de texto de biología del instituto no conectaban con esos temas en absoluto. Yo no quería estudiar biología porque en mi imagen mental de la disciplina solo había placas de Petri y células viscosas. Lo que yo quería ser era una física mundialmente famosa, así que estudié física y matemáticas, y como las matemáticas me gustaron más que la física, me centré en ellas. Durante la carrera había un curso de matemáticas aplicadas con ejemplos de economía, medicina, etc., pero también incluía un modelo biológico de crecimiento de la población y me dije... ¡ajá! Ese fue el momento en el que me di cuenta de que podía utilizar mis habilidades en biología y empecé a pensar en qué estudiar para la investigación del máster. Envié

correos electrónicos a todos los profesores de biología de los departamentos de ecología o fisiología. Era casi Semana Santa y creo que los fisiólogos se habían ido todos de vacaciones a esquiar, pero los ecólogos sí que respondieron... Siempre digo medio en broma que por eso estudié ecología y evolución, aunque creo que, como hacen las bacterias, hubiera seguido igualmente adelante hasta encontrar mi nicho.

¿Cómo ve el futuro de las matemáticas en la biología?
¿El día de mañana, los libros de texto de biología estarán llenos de ecuaciones?

Probablemente no, al menos los libros escolares. Ni siquiera estoy segura de que debiera ser así, porque esto haría que algunos vieran la disciplina como algo poco atractivo. Pero me gusta hablar con niños en edad escolar y decirles que en realidad la biología es una disciplina matemática, porque hay quien estudia biología y al llegar a la universidad se sorprende de que las matemáticas sean necesarias [en la carrera]. Y después hay quien quiere trabajar en matemáticas, pero no alcanza a ver las oportunidades que ofrece la biología para hacerlo. La verdad es que es un campo muy interesante para aquellos a quienes les gusta pensar de forma lógica, y las matemáticas son solo una parte de esto.

En las clases de ecología, uno se suele encontrar con estudiantes que esperan oír hablar de la conservación de poblaciones silvestres, grandes mamíferos, o de cómo enfrentarse al cambio climático, y se sienten decepcionados y muchas veces abrumados por las matemáticas. ¿Cómo aborda esta cuestión?

Es una pregunta muy amplia. Esto puede parecer políticamente incorrecto, pero no estoy segura de que todo el mundo sea igual de apto [para las matemáticas]. Por un lado, hay gente a la que simplemente le gustan unas cosas más que otras, y por otro, a mí, por ejemplo, no se me da bien diseñar experimentos, mi cerebro no funciona de esa manera. Pero creo que es importante hacer que los estudiantes entiendan que tal vez tienen aptitudes para trabajar con matemáticas. Y en lo referente a que se interesen por algo que vaya más allá de los grandes mamíferos, hay que ser imaginativo. El lunes daré una conferencia sobre el comensalismo y el mutualismo y traeré al aula un trozo de queso. Preguntaré por qué lo he llevado y probablemente me digan que es porque las vacas son perjudiciales para el planeta o algo así. ¡Pero no! Todos esos procesos ocurren en las poblaciones microbianas cuando se crea el queso [se ríe]. ¡Pensemos en el interior de las cosas!

El ecólogo Evelyn Hutchinson dijo que la ecología es el teatro en el que se representan las obras evolutivas.



«LA EVOLUCIÓN NO TIENE QUE VER CON LA SUPERVIVENCIA DE LA ESPECIE, SINO CON UN GENOTIPO QUE REEMPLAZA SIN PIEDAD A OTRO»

¿Cuál es su opinión sobre la actual relación entre los campos de la ecología y la evolución?

La metáfora del teatro es bastante acertada. Lo que me preocupa en ocasiones es que con la revolución de la genómica, muchos programas incluyen poca ecología. Espero que un día los estudios genómicos se vuelvan tan fáciles de realizar que no cueste mucho esfuerzo [saber cómo secuenciar y analizar muchos genomas al mismo tiempo] y que empecemos a pensar de nuevo en cómo funciona realmente la selección, y conectemos la genómica con la ecología y con la vida de los organismos en sus complejos entornos.

Estamos de acuerdo. Además, en esta era actual del *big data* parece que muchos de los estudios genómicos relacionados con la ecología son principalmente descriptivos y exploratorios. ¿Qué papel atribuye a la teoría para acercar dichos estudios a las cuestiones e hipótesis más importantes?

Mucha gente ha comparado el estado actual de la ecología genómica con los tiempos en los que realmente no se sabía ni siquiera qué tipo de especies poblaban el planeta. Por ejemplo, cuando llevaban jirafas al centro de Londres para que la gente las viera. Tal vez en el «mundo genómico» seguimos intentando saber qué existe. Este es un primer paso, y puede apuntar a preguntas importantes, pero no es una respuesta. Cada vez que veo una charla sobre genómica que incluye las palabras «esto ofrece información acerca de...» me hace un poco de gracia porque casi siempre significa que no están ni siquiera a medio camino.

Usted ha trabajado mucho en la idea de la *tragedia de los comunes*.¹ ¿Por qué es tan relevante este concepto en la biología evolutiva?

Creo que es importante porque pone de manifiesto que la evolución no siempre conduce a resultados mejores para la especie. Podríamos incluso hacer una analogía con la construcción de una sociedad basada en la

«LA BIOLOGÍA ES UN CAMPO MUY INTERESANTE PARA AQUELLOS A QUIENES LES GUSTA PENSAR DE FORMA LÓGICA»

competencia. ¿Se consigue así una sociedad más feliz? Quizás no, y hay razones para que ocurra esto. La idea de que la evolución siempre conduce a una mayor viabilidad de la población es manifiestamente falsa. El conflicto sexual es un buen ejemplo de ello. Con frecuencia, la evolución selecciona rasgos en los machos que les permiten competir mejor contra otros machos, pero que son terribles para las hembras, y, dado que las hembras son las únicas que pueden producir bebés, se producen menos nacimientos. Estudiar estos fenómenos, cómo surgen y se resuelven —o no— situaciones así en un contexto ecológico y evolutivo, es fascinante.

La ecología se desarrolla con frecuencia a escalas temporales muy grandes. En comparación, la evolución parece cortoplacista y un tanto miope. ¿Explica esto por qué le cuesta tanto a la evolución resolver escenarios de la tragedia de los comunes?

Es una razón, pero no es la única. Tal vez podríamos considerarla «la razón» en un mundo hipotético en el que la evolución tuviera en cuenta el largo plazo, pero ese mundo no existe. Mi respuesta preferida es que incluso los miembros de una misma especie están en conflicto entre ellos. Incluso dentro del mismo organismo tenemos muchas pruebas de conflicto intragenómico. Por lo tanto, comprender realmente que la evolución no tiene que ver con la su-

pervivencia de la especie, sino con un genotipo que reemplaza sin piedad a otro, nos ayuda a entender por qué la tragedia de los comunes aparece tan fácilmente en la evolución. Creo que en divulgación también es importante recordar a la gente que, aunque podemos inspirarnos en la naturaleza, nunca debemos caer en la falacia naturalista de que algo es bueno simplemente porque está ahí [en la naturaleza]. Esto se suele ver con frecuencia en las discusiones sobre roles de género y demás, y siempre pienso: «bueno, yo podría aportar un par de datos sobre la vida sexual de los animales...» No estoy segura de que tengamos que copiar todo lo que está «ahí fuera».

¿Podemos trazar una analogía con la política, en tanto que las elecciones parecen restar visión de futuro a los políticos a la hora de abordar problemas de la tragedia de los comunes, como el cambio climático?

Bueno, es difícil saber cuál es la situación ideal en este caso, porque las dictaduras tampoco suelen llevar a nada bueno tampoco, así que... Recientemente he estado pensando en estas cuestiones en relación con cuánto tiempo debería durar la jefatura de un departamento,

¹ El concepto *tragedia de los comunes* fue acuñado por el economista británico William Forster Lloyd y popularizado posteriormente por el ecólogo y filósofo americano Garret Hardin. Describe un sistema de recursos compartidos —por ejemplo, un grupo de granjeros que aprovecha pastos comunes— en el que las acciones egoístas de algunos individuos —en este caso, de granjeros que añaden más y más cabezas de ganado a su rebaño— conducen a la sobreexplotación del recurso común y a un final en el que no se maximiza el bien común. En términos evolutivos, refleja situaciones en las que la selección favorece adaptaciones que son buenas para los genes de un individuo a corto plazo, pero malas para el grupo o la especie —y potencialmente y en última instancia para esos mismos genes egoístas— a largo plazo.

porque si el periodo es muy corto no se puede conseguir nada, pero los mandatos largos pueden producir pasividad y estructuras de poder dañinas. Trabajo en un departamento en el que el jefe rota cada cuatro años y es una solución bastante buena, pero no es que yo tenga la solución a este problema.

¡Tal vez podría crear un modelo!

Bueno, una vez sí intenté modelizar cómo los mejores individuos tienden a abandonar departamentos infelices, lo cual crea una estructura espacial de departamentos felices y otros desagradables... Era un ejercicio bastante interesante pero el modelo no se publicó, ¡así que no me obliguen a enseñárselo!

Hablemos un poco sobre sexo, porque usted ha investigado mucho en esta área. ¿Se puede ver a los machos como una de las formas de parasitismo más generalizadas en la naturaleza?


Hay mucha explotación en la naturaleza. Los animales y las plantas a menudo explotan a otras especies, pero nada impide que también exploten a miembros de su misma especie. Esto es algo que también sucede. Y resulta que gran parte de la vida se basa en este tipo de dimorfismo entre «machos y hembras» y, casi por definición, los machos son el sexo explotador en términos del tamaño de sus gametos, mientras que las hembras tienen que proporcionar nutrientes para el óvulo. Pensemos por ejemplo en los pájaros –simplemente porque producen los huevos más grandes– el potencial reproductivo de un macho será mayor si «pica de más platos diferentes», mientras que las hembras no tienen oportunidades de parasitar los esfuerzos de otros de esta manera, o al menos no tanto (al fin y al cabo, existen especies que ponen sus huevos en nidos ajenos). No es un juicio de valor, es solo una definición biológica. A menudo, la estrategia masculina ha evolucionado para parasitar los esfuerzos reproductivos de la hembra, lo que conduce a toda una serie de preguntas interesantes tales como el conflicto sexual o cómo evolucionan los machos para ofrecer cuidados parentales, que es algo que también ocurre y donde hay sorprendentes diferencias entre aves, peces y mamíferos. Es un campo fascinante.

Usted ha trabajado también en la «paradoja del sexo», un problema evolutivo fundamental que todavía está por resolver.² ¿Por qué existe el sexo?

² El problema consiste en explicar cómo se mantiene la reproducción sexual, dados sus múltiples costes. Por ejemplo, hablamos del «doble coste del sexo» para referirnos al hecho de que un organismo que se reproduce de forma asexual se reproducirá al doble de velocidad que otro que se reproduce sexualmente mediante encuentros entre machos y hembras, porque solo ella se reproduce.



«LA IDEA DE QUE LA EVOLUCIÓN SIEMPRE CONDUCE A UNA MAYOR VIABILIDAD DE LA POBLACIÓN ES MANIFIESTAMENTE FALSA. EL CONFLICTO SEXUAL ES UN BUEN EJEMPLO DE ELLO»



¡Ja! Resulta interesante lo difícil que es esa pregunta. Es difícil porque el sexo suele implicar la presencia de machos, pero no siempre. La idea que manejamos es que los primeros pasos del sexo (que no implican necesariamente la existencia de machos) son mucho más económicos que los últimos, cuando la especie se ata a la presencia de machos. Pensamos que cuando un organismo empieza a reproducirse de forma sexual se abre la puerta a la estrategia parasitaria de los machos, pero por algún motivo, si se sigue por ese camino, es muy difícil abandonarlo. Algunos organismos son capaces de retornar a un modo asexual de reproducción sin problemas, pero se trata de excepciones. Normalmente, pasar de un modo de reproducción sexual a asexual suele ser poco exitoso evolutivamente, sobre todo al principio. Cuando estudiamos procesos así, vemos que los organismos no consiguen librarse inmediatamente del doble coste del sexo. Por algún motivo, revertir una larga historia de sexo parece complicado. Explicar los inicios del sexo, en principio parece bastante fácil. Por ejemplo, estudios experimentales con levaduras muestran que, si el sexo no existe, hay interferencia clonal y aparecen mutaciones beneficiosas en diferentes linajes. ¿Y no sería maravilloso poder reunir las todas [para que se fijen en la población, tal y como se consigue mediante la reproducción sexual]? Por lo tanto, hay mecanismos que permiten entender que el sexo tiene ventajas, pero dudo de que encontremos un mecanismo que explique por sí solo cómo superar de forma fiable ese «doble coste» del sexo. Creo que se deben conjugar varios elementos para explicar el mantenimiento del sexo a pesar de la aparición de machos, y con ellos, del «doble coste» del sexo.

Entonces, en algunas especies hay pruebas de que el sexo es beneficioso, en parte debido a la selección sexual, mientras que en otras esa misma selección sexual conlleva un conflicto sexual que acaba siendo pernicioso.

Sí, es un campo muy divertido, porque se pueden realizar predicciones en ambos sentidos sin que sean inconsistentes. [El hecho de que el sexo resulte o no beneficioso] depende de a qué se le dé más importancia, a la existencia de intereses alineados entre los sexos o al conflicto sexual. Digamos que estamos adaptándonos a un nuevo entorno, que hay algo difícil de conseguir y se selecciona a los machos en la misma dirección que a las hembras. Los machos suelen estar expuestos a una selección sexual más fuerte porque solo los muy buenos logran reproducirse, mientras que la mayoría de hembras se reproducen, y esto ayuda a evolucionar más

rápido en la dirección deseada. Al mismo tiempo, sabemos que también hay muchos aspectos de antagonismo sexual y que los machos pueden evolucionar hacia comportamientos que son dañinos para las hembras.

Usted tiene una aproximación muy interesante al sexo como estrategia de dispersión, similar a la dispersión espacial o temporal, pero también en relación con la identidad. ¿Podría comentar algo sobre esto?

Sí, la idea es que la reproducción asexual se basa en la suposición de que todo lo que se ha hecho en el pasado reciente es fenomenal, el organismo está bien adaptado a todo y, por decirlo de forma sencilla, se siente genial. Así que ¿por qué no llenar el mundo de copias perfectas de uno mismo que crezcan en el mismo lugar y en las mismas circunstancias? Pero pronto queda claro que eso es poco realista porque si se llena el entorno de organismos y nadie se mueve de allí, las cosas antes o después van a empeorar a nivel local. Por tanto, la pregunta es: ¿qué debe hacerse? La naturaleza parece

haber conseguido tres soluciones. La dispersión en el espacio, por la que, si no te gusta vivir en un lugar, puedes ir a otro distinto; la dispersión en el tiempo, por la que puedes (tus genes pueden) irte a dormir durante un tiempo y esperar a que cambie algo [por ejemplo, muchos organismos lo hacen creando formas de resistencia (a

menudo huevos o semillas) que permanecen latentes durante un periodo de tiempo]; o la dispersión en identidad, por la que tienes sexo y acabas –tus genes acababan– en un cuerpo diferente, lo cual supone otro tipo de cambio. Si haces una de estas cosas, logras un cambio bastante drástico, así que algo interesante que estamos investigando es: si se elige una de estas opciones, ¿para qué utilizar las otras? Porque todas estas estrategias conllevan costes. Si te desplazas, te esperan peligros. Si estás inactivo, no sabes qué va a pasar cuando despiertes. Y ya hemos hablado de los costes del sexo.

¿Qué hacemos entonces?

Ingenuamente, creo que, si ya has apostado por uno de los métodos, ya no deberías utilizar los otros. No podemos pagar dos veces por lo mismo, es una estupidez. Por eso en la naturaleza se observan correlaciones negativas entre estas opciones. Sin embargo, en la naturaleza también se observan a menudo correlaciones positivas entre ellas. Por lo tanto, me gustaría seguir trabajando en esto y ver cuándo se pueden esperar estas covariaciones, sobre todo porque me fascinan. Como me fascinan también los organismos modulares que se pueden dividir y separar. Las estrellas de mar

**«ES URGENTE ENTENDER
LA EVOLUCIÓN DE LA
RESISTENCIA A LOS
ANTIBIÓTICOS»**

se pueden romper una extremidad y crece un individuo completo a partir ella, es un tipo de reproducción asexual. Existe una especie de estrella de mar en la que solo los machos han colonizado una gran parte del Mediterráneo. No hay hembras, por lo que no se pueden aparear, pero como los machos se pueden reproducir asexualmente de esta manera, está todo lleno de machos.

¡Tal vez están esperando un cambio ambiental que les extinga!

¡O quizá un día llegue una hembra! Me encantaría conocer la genómica de este caso porque ocurrió sin sexo.

Recientemente ha realizado un trabajo muy interesante sobre la ecología evolutiva del cáncer: ¿por qué los elefantes no sufren más de cáncer que los ratones?

Supongo que primero tengo que explicar por qué existe esta pregunta. La idea es que cada vez que una célula se divide existe la posibilidad de que algo salga mal, y los organismos más grandes tienen más células, por lo que deberían tener más cáncer. Una publicación reciente indica que, en la especie humana, un incremento en 10 cm se asocia con un incremento de un 10% en la probabilidad de sufrir cáncer. Así que, en igualdad de condiciones, ser más grande implica un mayor peligro en relación con el cáncer. Pero tener mayor riesgo de cáncer no significa que vayas a tener cáncer desde el primer día. Lleva un tiempo acumular todas las mutaciones necesarias para desarrollarlo, es un riesgo probabilístico que aumenta con la edad. Esto, por supuesto, no beneficia a los animales grandes, porque normalmente son animales longevos que tienen que generar y mantener un cuerpo grande durante una vida muy longeva. Lo que han hecho los elefantes, y esto proviene de un estudio muy novedoso, es tener muchas copias de un gen llamado *p53*, que es básicamente uno de los muchos genes y mecanismos que se aseguran de que todo vaya bien durante la división celular. Si se produce un daño, este gen básicamente le dice a la célula «tú ya no vales, apártate y muere», y las células obedecen y el organismo sobrevive. Si se producen mutaciones en este gen, las cosas se desmadran; hay humanos con mutaciones en este gen que acaban desarrollando muchos tipos distintos de cáncer. Por eso lo ideal es no tener solo una copia de este gen, como ocurre en humanos. Los elefantes, en cambio, tienen veinte copias del gen *p53*. No sabemos exactamente qué ocurrió a nivel evolutivo,



**«CREO QUE LOS CIENTÍFICOS DEBERÍAN
HACER TODO LO QUE PUEDAN PARA
SALIR DE SU TORRE DE MARFIL»**



pero a mí me parece que ni siquiera se puede empezar a evolucionar para ser grande a no ser que se evolucione también para tener mejores defensas contra el cáncer. Hemos estado trabajando en modelar la evolución de este tipo de procesos de defensa.

Entonces, ¿qué ocurre antes? ¿Se evoluciona para ser más grande y después se consiguen mejores defensas contra el cáncer, o al revés? ¡Ay! Ya me gustaría saberlo. Probablemente un poco de ambas. Mi modelo se acerca más al primer caso. Puedes hacerte preguntas como: si tienes esta cantidad de células y este grado de mortalidad extrínseca [probabilidad de ser devorado o de morir por causas ajenas a uno mismo] que te permite vivir una cierta cantidad de años de media, ¿cuál es la ventaja evolutiva de ser más grande en relación con la probabilidad de desarrollar un cáncer?

Entonces, la evolución sí tiene algo que enseñar a la medicina...

Por supuesto. Conozco gente que ha basado la mitad de su carrera en defender enérgicamente este argumento. Obviamente, es mucho más urgente entender la evolución de la resistencia a los antibióticos. Nuestros rasgos relacionados con el cáncer son más o menos los que son y puede ser importante para los tratamientos terapéuticos saber qué ocurre, cómo han evolucionado nuestras defensas. Sin embargo, si hay una prioridad en el campo de la medicina evolutiva es la de entender la rápida evolución que se está produciendo cada día en el planeta, la resistencia a antibióticos, que es bastante aterradora.

Última pregunta. Como científicos, a menudo se nos pide como parte de nuestras funciones que comuniquemos nuestra investigación al público en general. ¿Está de acuerdo con esta idea?

En cuanto a si todo el mundo debería comunicar ciencia de forma más o menos obligatoria... Cada persona tiene talentos diferentes. Yo diría que, si tus habilidades son muy útiles para hacer que los políticos vean el mundo desde el prisma de la conservación, deberías hacerlo. Esto tiene poco que ver con explicarle cosas a niños. Pero si esta es tu habilidad, entonces también ¡adelante! Creo que los científicos deberían hacer todo lo que puedan para salir de su torre de marfil. 🔄

Pau Carazo. Investigador Ramón y Cajal del Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universitat de València.

Eduardo M. García-Roger. Investigador del Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva. Profesor contratado doctor del Departamento de Microbiología y Ecología de la Universitat de València.



PASAJES 55

Publicacions
de la Universitat
de València
Arts Gràfiques, 13
46010 València
pasajes@uv.es

LA OBRA DE MARX.

¿UN FANTASMA QUE RECORRE EUROPA? COORDINADO POR SERGIO SEVILLA

EDITORIAL Sergio Sevilla, La obra de Marx. ¿Un fantasma que recorre Europa? • **Fernando Gil Sánchez,** La investigación marxista hoy. Un balance sobre las temáticas y problemas teóricos en torno al pensamiento y obra de Marx en su 200 aniversario • **Wolfgang F. Haug,** Contradicciones del marxismo • **Óscar Cubo Ugarte,** La sociedad poscapitalista en Marx. Reflexiones sobre la 'Crítica del Programa de Gotha' • **Ángel Prior Olmos,** Marx, Engels y la crítica de la violencia • **Francesc J. Hernández,** El legado de Marx • **Ciro Mesa,** Los futuros de Marx

ENTREVISTA Giulia Colaizzi conversa con Antonio Negri **TEMAS Marc Silberman,** La ética de la enseñanza de la violencia del Holocausto • **Christine Laurière,** El Museo del Hombre entre 1938 y 1949: un museo bajo presión **LIBROS Fernando Gil Sánchez,** Marx y la concepción deflacionista de la historia (Marx y la filosofía. Emmanuel Renault) • **Javier Ruiz Moscardó,** Homenaje a Sacristán. Una reivindicación del marxismo español (Manuel Sacristán: razón y emancipación. Jacobo Muñoz y Francisco José Martín, eds.) • **Guillermo Quintás,** «¡Que la gente sepa ver!». El amor es el principio del conocimiento (Dar razón. Emilio Lledó)