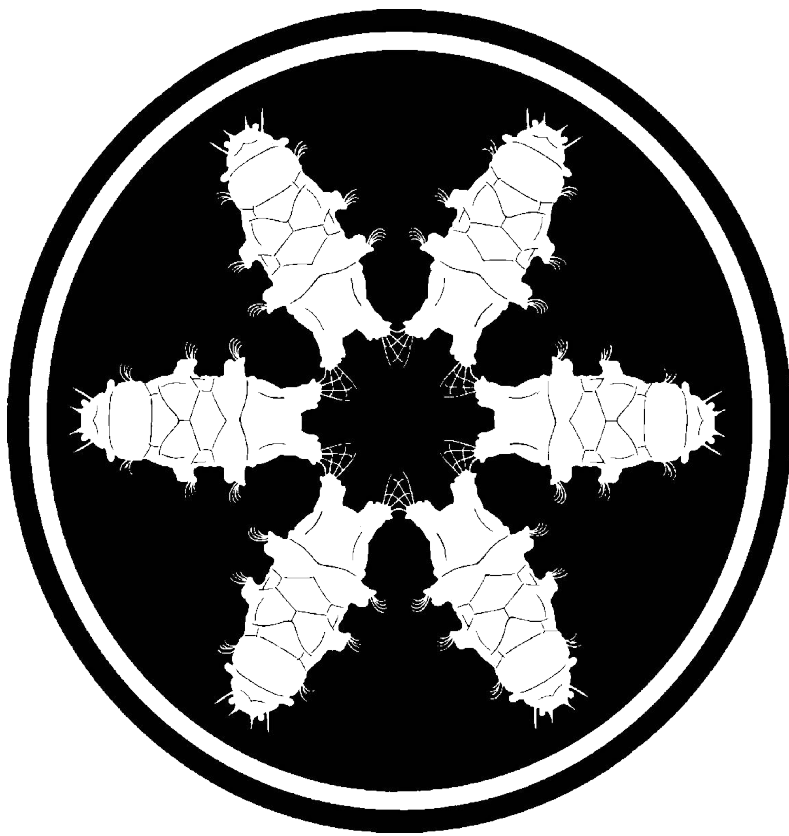


Volúmen I – 2015

LA QUIMERA DE GUPTA



por **ÁLVARO G. MOLINERO**





La Quimera de Gupta (Vol. 1) by [Álvaro G. Molinero](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License](#).





«Si realmente queremos arreglar las cosas necesitamos que todos los científicos ataquen el uso de las publicaciones para evaluar a los investigadores, y que lo hagan siempre que tengan ocasión: cuando contraten científicos para su propio laboratorio o departamento, cuando revisen las solicitudes de financiación o juzguen a los candidatos a una plaza»

Michael Liesen (2013)





ÍNDICE

KROPOTKIN Y LA TEORÍA EVOLUTIVA.....	6
TITANES EN LA SOMBRA: Al-Khwarizmi, los números y el álgebra.....	13
EL SÍNDROME DE JAMES C. HICKMAN.....	20
TITANES EN LA SOMBRA: Fiódorovich Kessler y la ley de la ayuda mutua	23
EL CLUB DE LA LUCHA: ¿es la competencia eficiente?.....	29
EL RECUERDO DEL MIXOMICETO.....	39
NO ES ORO TODO LO QUE RELUCE: La fase medusa y la fase pólipo en los Cnidarios.....	46
LOS CUELLOS IMPOSIBLES Y SU FÍSICA.....	51
TITANES EN LA SOMBRA: Warner Clyde Allee y la selección en beneficio del grupo.....	56
TITANES EN LA SOMBRA: Ivan Wallin y la “antítesis” de la Teoría Evoluti- va.....	62
EL DILEMA DE LA SALAMANDRA ITALIANA: Una pequeña historia so- bre el cuidado parental en anfibios.....	73
SÍSIFO, EL MUTUALISMO Y LA MIRMECOCORIA.....	77
LA TEORÍA CELULAR: Robert Hooke y el nacimiento de un concepto.....	84
LA BIODIVERSIDAD AVIAR Y LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS: Pa- sos hacia una teoría de la diversidad.....	90
ESCUELA DE EVOLUCIÓN RUSA: Merezhkovski y las raíces de la natura- leza humana.....	99
ONTOGENIA Y FILOGENIA: progénesis y conversión bidireccional en hi- drozoos.....	104





PREFACIO

Los ensayos aquí presentados son una recopilación de las publicaciones aparecidas en el blog *La Quimera de Gupta*. El blog nace en respuesta a una necesidad personal: el conocimiento almacenado dentro de las personas no es nada; no existe. El saber solo es saber cuando se transmite. De esta necesidad personal de la transmisión del conocimiento, se deriva una función social, como es la *Divulgación científica*.

El blog está dirigido por Álvaro G. Molinero y por Cristina Alemany y los artículos han sido elaborados por Álvaro G. Molinero.



Kropotkin y la Teoría evolutiva

“si preguntamos a la naturaleza, ¿Quiénes son los más aptos?, ¿son aquellos que se encuentran continuamente enzarzados en guerra mutua, o son aquellos que se sostienen mutuamente?, de inmediato vemos que aquellos animales que adquiere hábitos de ayuda mutua son indudablemente los más aptos. Tienen más probabilidades de sobrevivir y alcanza, en sus clases respectivas. El mayor desarrollo de la inteligencia y organización corporal”.

Así recoge **Kropotkin**, en su “Apoyo Mutuo” (1907) la idea central que compone su pensamiento evolutivo. ¿Qué valor tiene repensar hoy en día el pensamiento evolutivo de Kropotkin? Ya en 1846 Marx y Engels decían que:

“las ideas de la clase dominante son en cada época las ideas dominantes [...], la clase que tiene los medios de producción material a su disposición tiene al mismo tiempo el control de los medios de producción mental” y que por tanto “las ideas dominantes no son más que la expresión ideal de las relaciones materiales dominantes”.

La actual teoría evolutiva denominada “teoría sintética de la evolución”, perfilada en los años treinta del siglo pasado, y renovada en los años ochenta, no es más que la “la expresión ideal de las relaciones materiales dominantes”. ¿Quiere decir esto que estemos aquí desprestigiando toda la investigación llevada a cabo en este ámbito? En absoluto. Pero hay que tener una cosa muy clara: una cosa son los



hechos y los datos, y otra cosa muy distinta es el análisis que se realiza de ellos y su interpretación. En otras palabras: el marco teórico o paradigma en el cual “vestimos” nuestras observaciones.

Kropotkin creció en una acomodada familia de la nobleza Rusa. En un principio no se mostró interesado directamente por el estudio de la naturaleza, y tampoco había desarrollado todavía sus ideales. Ambas cosas ocurrieron paralelamente cuando fue nombrado secretario de la sección de Geografía Física de la Sociedad Imperial y enviado a Siberia. Esto ocurrió sobre 1870. En 1871 devino la comuna de París, influenciándolo definitivamente en sus ideas, y la experiencia siberiana, y según sus palabras, le sirvió para darse cuenta que el paradigma Darwinista de la lucha de todos contra todos, simplemente no era universal:

“Kessler, Severtsov, Mensbir y Brandt, cuatro zoólogos rusos muy importantes, y también, Poliakov, un poco menos conocido, y por fin, Su servidor, siendo un simple viajero, nos enfrentamos a la teoría de Darwin que sobreestima la lucha dentro de la misma especie. Aquí [en Siberia] lo que vemos es un campo de ayuda mutua, mientras que Darwin y Wallace ven solamente la lucha por la supervivencia. Creo que tal hecho se puede explicar de la siguiente manera: los zoólogos rusos han investigado enormes zonas continentales en la zona de un clima templado, donde se pone de manifiesto y con mayor claridad la lucha de la especie contra las inclemencias de la naturaleza (fríos muy adelantados, tormentas de nieve, inundaciones, etc.), mientras que Wallace y Darwin investigaron mayoritariamente las costas de países tropicales donde las especies abundan mucho más”.

¿Hipótesis científicas influidas por el ambiente social en el cual se concibieron? Aquellos que ven el mundo bajo el único espejo



de la objetivismo extremista (y falaz) no podrán concebir semejante blasfemia hacia su forma religiosa de pensar. Su propia elección les ciega de una visión de conjunto mucho más completa. Ellos lo llama ¡Locuras! y yo digo “visión de conjunto”.

Aquí es donde radica la importancia del legado de las ideas de Kropotkin sobre la evolución. Nos ofrece una interpretación distinta. Una interpretación que rechaza justificaciones naturalistas del neoliberalismo propias de la teoría sintética de la evolución: “*la fórmula biológica del territorialismo se traduce fácilmente en los rituales de la propiedad privada*” o “*un código ético basado en el código genético, y por tanto justo, es esperable*” ambas frases del fundador de la sociobiología, **Eward O. Wilson**, “*tratemos de enseñar la generosidad y el altruismo, porque nacemos egoístas*” frase escrita por **Richard Dawkins** en su “*Gen egoísta*”(1976) y “*los hombres están en decidida superioridad sobre las mujeres en muchos aspectos*” y que por ello “*las facultades mentales del hombre estarán por encima de las de la mujer*” escrita por **Darwin** en su “*Origen del Hombre*”. Piotr Kropotkin rechaza profundamente estas interpretaciones, que su coetáneo **T. H. Huxley** se encargó de defender en su época. Kropotkin en ningún momento rechazó que pudiera existir una “*lucha por la supervivencia*” y una “*supervivencia de los más aptos*”. Lo que hizo fue expandir la teoría evolutiva hacia un terreno apenas desarrollado. El propio Darwin, hacia el final de su vida, fue incorporando más modos de evolución ante la constatación que la mera “*lucha por la supervivencia*” no podía dar cuenta de todos los fenómenos observados. Kropotkin se encargó de mejorar la teoría evolutiva de la siguiente forma. Estableció la siguiente dicotomía: I) Organismo contra organismo en el caso de recursos limitados, lo cual nos llevaría a la competencia (“*lucha por la supervivencia*”) y, II) Organismo contra ambiente, en caso de ambiente rigurosos, lo que llevaría a la cooperación. En palabras del propio Kropotkin: “*la sociabilidad es*



una ley de la naturaleza como lo es la lucha mutua”.

Todavía en la actualidad estas dos formas de ver la biología siguen enfrentadas. ¿Los grupos que cooperan entre ellos presentan ventajas frente a los que no lo hacen y prospera mejor?, ¿Es posible que la cooperación sea un motor de la evolución como proponía Kropotkin o todo está sometido a una naturaleza intrínsecamente egoísta? La brillante, y recientemente fallecida, bióloga descubridora de la endosimbiosis como proceso vital en la evolución, **Lynn Margulis**, lo tenía claro: “la vida es una unión simbiótica y cooperativa que permite triunfar a los que se asocian”.

POST SCRIPTUM

Creo conveniente realizar algunas aclaraciones con respecto a la historia de Kropotkin y la eterna historia entre ciencia e ideología.

En primer lugar hay que recordar que Kropotkin era geógrafo y naturalista, y por tanto, estaba bastante legitimado a realizar estudios teóricos sobre teoría evolutiva. De hecho, su viaje a Siberia fue por sus conocimientos en geografía y cartografía, y su misión era cartografiar el lugar y estudiar la flora y fauna.

“La imparcialidad es algo que no está al alcance de los seres humanos con inevitables antecedentes, necesidades, creencias y deseos. Es peligrosos para un investigador imaginar tan siquiera que podría alcanzar la absoluta neutralidad, pues entonces se deja de ser vigilante sobre las preferencias personales y sus influencias; y entonces de verdad que se es víctima de los dictados de los prejuicios”.

Esto lo dijo **Stephen Jay Gould** en su “La falsa medida del hombre”. La ciencia y la ideología están unidas entre sí en la medida en que ambas son hechas por seres humanos. Si crees que la ciencia



es una especie de páramo donde la objetividad reina, entonces, ¿a qué se debe que se deben las afirmaciones de Dawkins o Wilson?; ¿a que se deben afirmaciones del estilo: “las donaciones de sangre son debidas a actos de egoísmo que buscan el respeto social ante un tercero” (**Richard Alexander**)?

El Darwinismo social es uno de los más famosos ejemplos de maridaje entre ideología y ciencia. No es científico porque basa las conclusiones de sus estudios en prejuicios sociales pero, lamentablemente, eso lo sabemos ahora. En pleno siglo XIX y hasta la barbaridad nazi, esa justificación científica de la inferioridad de las mujeres, las clases sociales bajas, y las razas consideradas inferiores, era considerada demostrada (Gould, 1996). Recomiendo la introducción que realiza el historiador de la ciencia Gijón Sierra para la edición del 2009 del “apoyo mutuo” donde este autor explica la figura de Kropotkin con respecto a las teorías evolutivas, y en este artículo se puede ver como Kropotkin un científico de primer orden (publicó en *Nature* y en *The Nineteenth Century*) y se puede seguir con gran detalle la discusión que mantuvo con T.H. Huxley, gran defensor del darwinismo más estricto, y conocido por su racismo, su misoginia y la defensa que realizaba de que esto, ya que para él esto indiscutible y científico. Por tanto, afirmar que, actualmente, que el problema ciencia-ideología está resuelto, y que recurrir a él es algo propio del siglo XIX es, como te digo, muy idealista, pero poco real. De hecho, el debate sociobiológico que tuvo lugar en los 80’s tenía mucho que ver con eso (Gould & **Lewontin**, 1979).

La actual teoría evolutiva no contempla la cooperación como un modo evolutivo. La cooperación es entendida como un proceso doblemente egoísta, donde los cooperantes lo son porque obtienen un beneficio por ello. Si el saldo “coste-beneficio” es negativo, la cooperación no se da. Qué curioso: si no hay “beneficio”, no hay “co-



operación”. Es verdad, la ciencia y la ideología no tienen nada que ver. No hay que caer en reduccionismos ni en determinismos. Por eso reducir todo a la “lucha de los más aptos”, al “gen egoísta”, a la “eficacia biológica entendida exclusivamente como reproducción diferencial de individuos/genes”, etc., es reduccionista, y pensar que “hay que enseñar a nuestros hijos a ser altruistas porque somos egoístas por naturaleza” (Dawkins) es determinista.

Por otro lado, Dentro de las corrientes de pensamiento marxistas y anarquistas también han existido personas que han intentado aplicar las ideas de lucha social y la “superioridad” en la evolución de los organismos sociales. El propio Kropotkin, parecía que a veces quería caer en esa “superioridad social” y afirmaba que “en la lucha por la vida, las especies sociales son las que subsisten sobre las demás”. Pero si uno lee “*El apoyo mutuo: un factor en la evolución*” queda mucho más clara la idea de Kropotkin, que es, como se dice en el artículo, que “la lucha de los más aptos,” entendida mediante el principio malthusiano de “los recursos son limitados y la población no para de aumentar, por tanto, habrá una lucha por esos recursos, no es, ni mucho menos, el principal mecanismo evolutivo: la cooperación mutua, la simbiogénesis, los procesos estocásticos como los grandes eventos catastróficos que han asolado la tierra, etc., han jugado un papel mucho más relevante en la evolución que la mera selección por lucha directa de los individuos.

Por eso, la principal tesis que defiende aquí, es que Kropotkin supo ver esto como ningún otro en aquella época. Supo ver cómo, pese a que la evidencia estaba ante todo el mundo, la forma de pensar que tenía la sociedad victoriana donde emergió la teoría de Darwin impedía ver que no todo el mundo se regía por la superpoblación y la lucha descarnada. Y aquí Gould nos recuerda que “***la selección natural es, en esencia, la economía de Adam Smith transferida a la na-***



turalaza”. De hecho, el propio Darwin, hacia el final de su vida, también dio su brazo a torcer, e incluso acabó admitiendo la cooperación como factor evolutivo, al menos, en el ser humanos. Por ello hay que recordar a Kropotkin, aparte de cómo ideólogo del anarquismo, como evolucionista.

Darwin no podía desligar su investigación biológica de su bagaje cultural y su sociedad madre (sus lecturas base para su “Origen de las especies” fueron **Malthus** y **Herbert Spencer**), Kropotkin no podía escapar de la influencia de la comuna de París, y nadie, en general, puede dejar de ser quien es.

REFERENCIAS

1. [Publicado originalmente en el Periódico Diagonal](#)



Titanes en la sombra: Al-Khwarizmi, los números y el álgebra

Los hijos del cielo (Urano) y de la tierra (Gea) son los Titanes; dioses que gobernaron la tierra durante la edad de oro y, ciertamente, para el conocimiento y la cultura, los siglos VIII al X, son la continuación de la edad de oro vivida, primero en la Grecia jónica, y luego en Alejandría. Y, como hijo del conocimiento y la cultura (cielo y tierra), la historia de **Muhammad Ibn Musa-Al-Khwarizmi** o Al-Khwarizmi para los amigos (nota 1), demuestra que fue todo un TITÁN de la historia de la ciencia.

Al-Khwarizmi nació alrededor del año 780. Existen discrepancias en cuanto a su lugar de nacimiento. La mayor parte de historiadores piensan que era oriundo de la una región de Kazakstán llamada en aquella época *Khwarizm*. Otros historiadores, minoritarios en número, piensan que es descendiente de antiguos pobladores de esta región de Kazakstán que emigraron a Bagdad. A título informativo deciros que, en el 762 Bagdad se convirtió en la capital del mundo árabe, sustituyendo a la anterior capital, Damasco. Es un antes y un después en la organización social del mundo musulmán. Hasta esa fecha gobernaban los descendientes de Mahoma: los Omeya (Califato Omeya) y la capital estaba en Damasco y, tras una serie de guerras intestinas, los Omeya pierden el poder en favor de los Abbásidas, descendientes de Abbas ibn Abd al-Muttalib (Califato Abasí), con capital en Bagdad. Los Abbásidas resultaron tener un espíritu humanista que no tuvieron los Omeya. De hecho, el quinto califa abasí, **Al-Mamun** creó, a partir del 809, la institución que vendría a sustituir a



la biblioteca de Alejandría en la creación y custodia del conocimiento: *La Casa de la Sabiduría* de Bagdad.

Volvemos al nacimiento de Al-Khwarizmi. La región de *Khwarizm*, fue conquistada por el Califato Omeya en el año 712 y, como sostienen historiadores como **G. Toomer** (3), la cultura islámica no era totalizante y, por tanto, mucha población autóctona solamente fingía convertirse al Islam. Además, según el mismo historiador, si Al-Khwarizmi proviniese de una familia de intelectuales, como él mismo postula, probablemente pertenecería a una de las culturas que más proporcionaba intelectuales (a falta de que se desarrollará la labor de la *Casa de la Sabiduría*) : Irán, Siria o Judía.

Esta riqueza cultural en el estrato intelectual de la sociedad islámica, y el “efecto llamada” que producirá la *Casa de la Sabiduría*, será una de las razones del florecimiento del conocimiento y la cultura en el Islam durante los siglos posteriores. El califato Abasí alcanza su esplendor entre el siglo VIII y el X, desintegrándose en el siglo XI. Sea como fuere, y naciera donde naciera Al-Khwarizmi, se tiene constancia de que después del 809, cuando el Califato Abasí tuvo su máxima extensión (incluida la India), el propio Al-Khwarizmi entró a formar parte de *La Casa de la Sabiduría*. Fue uno de los eruditos de este centro y se dedicó al estudio de manuscritos griegos sobre álgebra, geometría y astronomía, y a crear las bases de lo que hoy conocemos como álgebra.

De hecho, la palabra *Álgebra* (al-jabr, o restaurar, recomponer) proviene su obra más importante, “*Hisab al-Jabr w’al-muqabala*”, o “el libro de restaurar e igualar”. En esta obra Al-Khwarizmi desarrolla métodos para hallar valores desconocidos; propone métodos para resolver lo que actualmente llamamos ecuaciones, es decir, propuso:



“una secuencia o conjunto ordenado de operaciones o pasos que permite hallar la solución de un problema; una secuencia codificada de instrucciones para manipulación de símbolos” (2).

En una palabra que nos resultará más familiar: **Algoritmo**. Al-Khwarizmi inventó el algoritmo como método de resolución de problemas y, esta forma de afrontarlos, se comenzó a llamar con su nombre: de Al-Khwarizmi a Algoritmo. ¿Qué algoritmo inventó Al-Khwarizmi? El más célebre se conoce como **“Método de los cuadrados o completar los cuadrados”**. Una aclaración. Nunca llegó a utilizar un sistema alfanumérico para representar los problemas. Esto se hizo *a posteriori* a partir de sus demostraciones. Él, primeramente, explicaba la solución del problema de forma verbal y, posteriormente, demostraba que tenía razón resolviéndolo geoméricamente por el método de los cuadrados. Él mismo explica el algoritmo en la obra que hemos citado anteriormente: ante el siguiente problema, $x^2+10x=39$, la solución que proponía era la siguiente (prestar atención a cómo llama a cada término de la ecuación):

“un cuadrado y diez raíces son iguales a 39 unidades. Entonces, la pregunta en este tipo de ecuación es aproximadamente así: cuál es el cuadrado que, combinado con diez de sus raíces, dará una suma total de 39. La manera de resolver este tipo de ecuación es tomar la mitad de las raíces mencionadas. Ahora, las raíces en el problema que tenemos ante nosotros son diez. Por lo tanto, tomamos 5 que multiplicadas por sí mismas dan 25, una cantidad que agregarás a 39 dando 64. Habiendo extraído la raíz cuadrada de esto, que es 8, sustraemos de allí la mitad de las raíces, 5, resultando 3. Por lo tanto el número tres representa una raíz de este cuadrado” (1).

Explicuemos un poco mejor esto. En la Figura 1 tenemos resu-



mido el método de los cuadrados que acompaña, en el libro del *al-jabr*, al problema anterior. Veamos: algo multiplicado por si mismo es un cuadrado. Por eso, el mejor ejemplo de un cuadrado es el propio cuadrado, cuya área es su lado al cuadrado. Si desconocemos el valor de ese lado (podemos llamarlo “ x ”) su cuadrado serça, entonces, x^2 (recordad: Al-Khwarizmi no lo llamaba así, simplemente lo llama cuadrado). La raíz de este cuadrado es su lado (recordad que la operación inversa a elevar al cuadrado es la raíz cuadrada) y, por tanto, cuando Al-Khwarizmi habla de “un cuadrado y diez raíces” está hablando de x^2+10x , y eso, según el problema que nos plantea, es igual a 39 unidades (esta es la primera parte de la figura 1). El siguiente paso en el algoritmo de resolución es dividir entre dos las 10 raíces ($10x$) obteniendo 2 veces 5 raíces, que se sumarán al cuadrado (segunda parte de la figura 1): geoméricamente significa que el rectángulo $10x$ es 10 veces más largo que alto y su altura es “ x ”. Por eso podemos “sumarlo” al cuadrado; tiene una altura igual a la del lado del cuadrado (x). Todo ello sigue siendo igual a 39 unidades. Para finalizar, Al-Khwarizmi dice que *“tomamos 5 [raíces] que multiplicadas por sí mismas dan 25, una cantidad que agregarás a 39 dando 64”*. Si somos perspicaces podemos darnos cuenta que, en el espacio vacío de la derecha, se ha generado un nuevo cuadrado en el cual, esta vez si, conocemos su lado (5) y, por tanto, también conocemos su área (25 unidades). También sabemos que la suma de las áreas del rectángulo de 10 raíces y el cuadrado es de 39 unidades. Por tanto podemos obtener el área total del “supercuadrado” que hemos generado. En este caso serían 64 unidades (tercera parte de la figura 1). Y ahora, para obtener el valor desconocido, Al-Khwarizmi nos propone desandar lo caminado: ahora conocemos el área total del “supercuadrado” (64) y, haciendo su raíz, obtenemos el valor de su lado (8). Ahora sabemos que ese lado del “supercuadrado” es 8 y que es igual a $x+5$. Por tanto, el valor desconocido es 3.



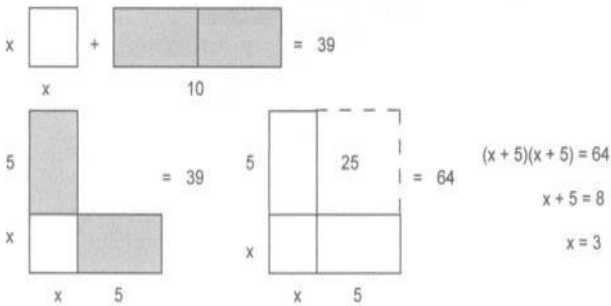


Figura 1. Demostración geométrica que Al-Khwarizmi incorpora en su obra sobre álgebra para la resolución de un problema con valores desconocidos. Es un ejemplo notable del concepto de algoritmo.

Con esta explicación han quedado 2 cosas claras: I) Al-Khwarizmi fue el fundador del **álgebra** y II) fue también el fundador de un método para la resolución de problemas: **el algoritmo**.

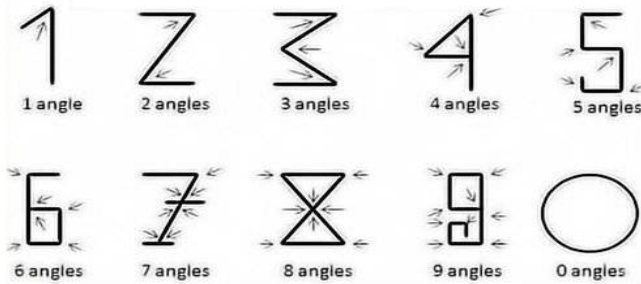


Figura 2. Los símbolos hindúes que Al-Khwarizmi convirtió en nuestro sistema numérico actual y la razón por la cual los ordenó de esa manera.



Pero Al-Khwarizmi no se quedó ahí. También escribió una obra sobre números hindúes de la cual solo se conserva la versión latina traducida titulada “*Algoritmi de numero indorum*”. Si, esta es quizá una obra de mayor importancia que la anterior porque, los números hindúes que Al-Khwarizmi estudia, son **nuestros actuales números**. A diferencia del sistema de numeración posicional griego y romano (es decir, un sistema numeral en el cual la posición del símbolo determina su valor), con estos números hindúes se podría crear un sistema en el cual, los símbolos ordenados de mayor a menor (figura 2), el valor es intrínseco al número y solo indica cuanto hay de lo que se quiere cuantificar (manzanas, peras, unidades o centenas). Este sistema, decía Al-Khwarizmi, permitía hacer operaciones algebraicas más fácilmente. Solamente quedaba una cosa por hacer ¿Qué sistema de referencia tomamos en este nuevo sistema numérico? Al-Khwarizmi tomó el cero hindú; el símbolo que ellos usaban para designar la ausencia de algo y que parece tener su origen en la civilización **jemer**. Concretamente se han localizado inscripciones en el tempo camboyano de Angkor Wat datadas en el siglo VII (Geoges Ifah, 1998).

Al-Khwarizmi no solo fundó el álgebra y creó los algoritmos como métodos de resolución de problemas, sino que **creó nuestro actual sistema numérico** y, su punto de referencia, **el cero**.

Como afirma R. Rashed, Al-Khwarizmi es “*el mayor matemático de la época; y si se tienen todas las circunstancias en cuenta, uno de los más grandes de todos los tiempos*”.

NOTAS

1. También veréis escrito el nombre de Al-Khwarizmi como Al-Juarismi o Al-Jwarismi. Esto es fruto del intento de reproducir el sonido que debía tener su nombre en árabe. Es



similar al caso del nombre árabe de la ciudad de Valencia, Balansia o Balansiya, ambas denominaciones correctas.

REFERENCIAS

1. Ifrah, Georges (1998). *Historia universal de las cifras*. Espasa Calpe S.A.
2. Ordoñez, Javier et al. (2003). *Historia de la Ciencia*. Espasa Calpe S.A.
3. Toomer, G. (1970–1990). *Al-Khwārizmī, Abu Ja'far Muhammad ibn Mūsā*. In C. C. Gillispie (Ed.) *Dictionary of Scientific Biography*. Vol. 7 (pp. 358–365). Charles Scribner's Sons. New York.



El síndrome de James C. Hickman

Un síndrome es un conjunto de características que, reunidas todas juntas, lo hacen identificable, distinguible de otros y, a su vez, característico. La palabra es muy usada en medicina pero no; hoy no vamos a hablar de medicina. Hoy vamos a hablar del “*síndrome de polinización por hormigas*”. En 1972, y con un nombre tan largo y poco excitante, **James C. Hickman** reunió una serie de características que debería de tener una planta para ser una buena candidata a ser polinizada por hormigas. El fenómeno de polinización por hormigas es raro, aunque con el paso de los años se han identificado numerosos casos (a más de 10 por año en la última década). De hecho se han estudiado determinados ecosistemas (como puede ser la alta montaña o los ecosistemas áridos) en los cuales las hormigas pueden ser el principal agente polinizador y, por tanto, ser vitales para el mantenimiento de las poblaciones de las plantas que ayudan a polinizar. Históricamente este proceso se había considerado marginal porque se consideraba que las hormigas no podían transportar eficientemente el polen de una planta a otra (entre otras razones, se alegaba que las hormigas tienen un tegumento poco adherente al polen, poca capacidad de desplazamiento y un tamaño relativamente menor con respecto a los polinizadores “clásicos” y, debido a eso, tendrían una escasa capacidad para transportar el polen), pero con el incremento de las observaciones se ha visto su importancia creciente..

Pero ¿Cuales so esas características que hacen a una planta susceptible de ser polinizada por formícidos? Según nos recuerdan **C. de Vega** y **J. M. Gómez**, en su reciente revisión sobre la relación existente entre formícidos y plantas , las angiospermas candidatas a



ser polinizadas por hormigas deben:

“ser postradas o de porte pequeño, y con poca sincronía en la floración dentro de planta, para promover movimientos entre plantas. [...] deben formar poblaciones densas, para que las hormigas no vuelvan al suelo después de visitarlas. [...]. Las flores deben ser pequeñas, abiertas, sésiles, con nectarios accesibles a insectos de probóscide corta y con poco néctar. De esta manera serían poco atractivas para polinizadores alados que requieren de una mayor recompensa energética. Las flores además deberían contener pocos óvulos y poco polen para evitar la continua conducta de limpieza que podría conducir a que se eliminase el polen adherido a su integumento. Finalmente las plantas polinizadas por hormigas se encontrarán en zonas donde la actividad de éstas sea alta, es decir, en hábitats calurosos y secos, y en ambientes áridos, semi-alpinos y alpinos (1)”

Una planta que cumple perfectamente estos criterios es *Alysum purpureum*, una brasicácea (familia de plantas de entre 100 y 170 especies, según catálogos, que encuentra su máxima diversidad en la región mediterránea) de distribución alpina y, básicamente, localizada en Sierra Nevada. Según el propio **J. M. Gómez** y colaboradores (2) la polinización de esta especie es debida, en un 91% de los casos, a las hormigas.

Cuanto más se conoce la relación entre las hormigas (recordad, son himenópteros) y las plantas, más nos damos cuenta que esta relación está muy cerca de ser tan compleja como la que existe entre los “polinizadores clásicos” (abejas y avispas) y las plantas a la hora de la polinización. De hecho, esta relación incluye aspectos en los que los polinizadores “tradicionales” de las plantas con flor ni siquiera se han atrevido a descubrir. Las hormigas realizan, al menos, 3 servicios mutuos “planta-hormiga”: Protección, dispersión de semi-



llas y control poblacional de fitófagos.

Los “síndromes” son interesantes desde el punto de vista de la investigación. Un fenómeno que era desconocido, ha podido incrementar su grado de conocimiento debido a la creación de un “**patrón de reconocimiento plausible**” para dicho fenómeno y, así, se ha podido descubrir su ubicuidad en ciertos ambientes. No se ha profundizado demasiado en el mutualismo planta-hormiga porque, espere-mos, esto constituya el tema central de un próximo ensayo.

REFERENCIAS

1. De Vega, Clara, y José María Gómez. «Polinización por hormigas: conceptos, evidencias y futuras direcciones». *Revista Ecosistemas* 23, n.º 3 (2014): 48-57.
2. Gómez, José M, Regino Zamora, José A Hódar, y Daniel García. «Experimental study of pollination by ants in Mediterranean high mountain and arid habitats». *Oecologia* 105, n.º 2 (1996): 236-42.



Titanes en la sombra: Fiódorovich Kessler y la ley de la ayuda mutua

Los aficionados a la ciencia ficción en el cine somos personas frustradas. Salvo contadas excepciones, tenemos que vivir en montañas rusas emocionales que nos llevan, desde la apasionante noticia de un nuevo proyecto cinematográfico que próximamente plasmará alguno de nuestros clásicos literarios preferidos, hasta la desilusión más profunda que nos embriaga en la profundidad de una butaca de cine (sí, porque queremos meternos bien adentro para dejar de ver el asesinato en 24 fotogramas por segundo que estamos viendo). No iba a ser menos lo que ocurrió con la película *Serenity* del director Joss Whedon (año 2005) pero, de todo, se puede sacar provecho. En esta ocasión, vi la película en mi cómodo sofá y, entre los dedos de las manos (me había tapado la cara para protegerme de las ondas pútridas que emitía la película), pude ver y escuchar una perla brillando y saliendo a relucir en tan profundo lodazal. El capitán Malcolm Reynolds, dueño de la nave *Serenity* —y después de intentar esconderse de la alianza tras la derrota que había sufrido durante el intento emancipatorio que de los planetas del anillo exterior llevaron a cabo 15 años atrás— decide volver a revelarse ante las mentiras de la alianza, y sentencia:

“Escribir historia es el arte de ocultar la verdad”

Efectivamente, quien vence, escribe la historia y está en situación de ocultar la verdad. Aquí es donde entra nuestro titán de hoy: **Karl Fiódorovich Kessler**. La historia escrita sobre la teoría de la evolución ha dejado a muchos evolucionistas enterrados bajo metros



de polvo y toneladas de papel. Se escribe mucho (en palabras de **Stephen Jay Gould**) sobre “*el arte de contar historias*” evolutivo, es decir, se hacen innumerables conjeturas en base a la premisa de que toda estructura corporal de un organismo tiene una función porque determinada porque, para su que haya evolucionado, ha debido de proporcionar cierto beneficio al organismo que la posee. De otra manera, no se habría desarrollado. Esta forma de proceder se ha venido a definir como la “*falacia funcionalista*”. Existen múltiples estructuras y caracteres en los organismos que no encuentran su origen en un beneficio para el organismo sino que, por ejemplo, son el resultado casual de otras adaptaciones (Gould ha pasado su prolífica, pero inesperadamente corta, vida ensayística llenando la literatura científica de ejemplos de esta falacia y de ejemplos de estructuras originadas sin que el motor evolutivo sea un “beneficio” para el organismo. Quizá el clásico ejemplo suyo sea “el pulgar del panda” pero, desde mi punto de vista, es más ilustrativo (2), “Sobre los huevos del Kiwi y la campana de la libertad”). En los albores de la Teoría evolutiva, fueron numerosos evolucionistas los que ampliaron las ideas de Darwin para hacer más completa la forma de comprender de qué manera los organismos evolucionaban. Cuando **Charles Darwin** definió y acotó el concepto de “lucha por la existencia”, asegura que lo aplica “en el más amplio de los sentidos”. Sin embargo, esa consideración sirvió de poco. La gente más próxima a sus ideas terminó tergiversando el concepto (distorsionándolo); extendiéndolo a todos los aspectos del funcionamiento del mundo natural y llevándolo al extremo. El Ejemplo paradigmático es la obra de **T. H. Huxley** de 1888. Un artículo denominado “*Struggle for Existence and its Bearing upon Man*”, publicado en la revista *Nineteenth Century* —y que desataría un debate apasionante con Piotr Kropotkin (ver “[Kropotkin y la teoría evolutiva](#)”)—, terminó con la siguiente derivación del concepto de “lucha por la existencia”: ahora se llamaba “supervivencia



del más apto”, tomando un cariz claramente Spenceriano (Darwinismo Social). Aquí un reflejo de la tergiversación:

“los más débiles y los más estúpidos están condenados a muerte, mientras que sobreviven los más astutos y aquellos a quien es más difícil vulnerar, aquellos que mejor supieron adaptarse a las circunstancias...” (1888).

La mayoría de estos teóricos evolutivos sepultados por aquellos “vencedores” de la idea de la “supervivencia del más apto” y que terminaron escribiendo la propia historia de cómo se fraguó la teoría evolutiva, defendían otra fuerza que actuaría conjuntamente con la “lucha por la existencia”: fue la llamada “ley de la ayuda mutua”. Pese a que fue Kropotkin quien llevó esta idea al título de su obra de referencia, la idea no era suya, era de **Karl Fiódorovich Kessler**.

“Kropotkin, que tenía una buena formación biológica, no hacía más que expresar un consenso ruso al argumentar que la regulación independiente de la densidad poblacional, debida a un endurecimiento ocasional pero severo de las condiciones ambientales, tenderá a promover la cooperación intraespecífica como modo de selección natural [...] Kropotkin y sus colegas rusos habían hecho buenas observaciones en ese contexto local, pero se equivocaron al generalizar sus ideas a todo el mundo natural.”

Esto decía, sobre Kropotkin, Stephen Jay Gould en su “*Estructura de la teoría de la evolución*” (2002). Como veremos esta afirmación será también aplicable a Kessler, demostrándose así que la idea surge independientemente de la ideología del científico que la proponga. Kropotkin fue el ideólogo del anarco-comunismo. Kessler por su parte tenía fuertes convicciones conservadoras.



Kessler era un zoólogo ruso nacido en 1815, que desarrolló su labor académica en la universidad de San Petersburgo (universidad de la que llegaría a ser rector), en la que también comenzó sus estudios en 1834, y en la que, gracias a su posición, pudo conocer a la mayoría de estos evolucionistas partidarios de una visión más amplia de la evolución. Muchos eran zoólogos (Beketov , V. M. Bekhterev, N. D. Nozhin, el propio Kropotkin que era geólogo, etc.) destacando, quizá, **A. F. Brandt**, evolucionista ruso anti-darwinista que defendía la simbiosis como único mecanismo capaz de explicar el surgimiento de “novedad biológica” (postuló sus principales tesis en *Simbiosis y Ayuda Mutua* de 1896), y que sería uno de los 3 “magníficos” de la “Escuela Rusa de la Simbiogénesis” que inspiraría a **Lynn Margulis** para idear la “Teoría Endosimbiótica”. Kessler inició sus estudios zoológicos adentrándose en la ornitología, mediante una monografía y el estudio del esqueleto de pájaros carpinteros, posteriormente se aventuró en el mundo de la malacología y la entomología porque cayó en sus manos la inmensa colección que había atesorado la malograda Academia médico-quirúrgica de Vilensk, y llegando al culmen de su carrera con la ictiología y la mastozoología (estudio de peces y mamíferos), sin dejar nunca de lado la ornitología (por ejemplo, siendo pionero en el establecimiento de redes de observadores para mapear geográficamente las migraciones, iniciándose así también en los estudios de biogeografía).

Fue a partir de los años 1870 cuando Kessler comenzó a cuestionarse la importancia relativa de la lucha por la supervivencia en la evolución. Desde luego ninguno de estos zoólogos rusos tenía una visión benigna e ingenua de la naturaleza. El propio Kessler escribió pasajes que recuerdan bastante a los escritos por Huxley (“*los fuertes persiguen los débiles, los grandes devoran a los pequeños, que no perdonarán, incluso sus propios hijos*”, dicho en 1863), simplemente cuestionaba la importancia de esta lucha frente a otros mecanismos



presentes en la naturaleza. En plenos estudios sobre los peces del Mar de Aral y del Mar Caspio, Kessler empezó a elaborar sus propias ideas evolucionistas para explicar las numerosas especies de peces presentes. Sugirió que:

“causas internas desconocidas condicionan las diferencias entre individuos. Acumuladas por la fuerza de la herencia y consolidadas por causas externas, por las condiciones externas de la vida del animal. De esta manera, se forman inicialmente variedades de las especies existentes y, a continuación, nuevas especies se producen a partir de estas variedades” (1877).

O lo que es lo mismo, una acción directa del medio ambiente sobre las especies, que se combina con el aislamiento geográfico, para producir nuevas formas. Kessler ponía mucho énfasis en el aislamiento geográfico como ejemplo de influencia del ambiente sobre la evolución de los seres vivos. En 1879 pronunció la conferencia por la cual se le recordaría con más intensidad *“Sobre la ley de la ayuda mutua”*. Las ideas aquí recogidas se basaban en que todos los organismos tienen 2 necesidades básicas: la alimentación, que lleva a la competición entre grupos por el acceso a recursos limitados, y la procreación, que lleva a la cooperación intraespecífica y a la ayuda mutua. El aislamiento geográfico llevaba a que la cooperación intraespecífica para la procreación sería la principal fuerza evolutiva.

¿Por qué Kessler, al igual que Kropotkin y la mayoría de evolucionistas rusos tenían en la cabeza la “ley de ayuda mutua”? Precisamente porque las observación empírica en un mundo deshabitado, pobre en recursos y azotado por climas adversos, llevan inexorablemente a la conclusión de que las especies están asiladas geográficamente. Es lo que algunos autores han llamado “argumento geográfico determinista”, como **Douglas R. Weiner**, contraponiéndose a el un “argumento demográfico determinista” o malthusiano. En resumen, y



en palabras de Kessler:

“No rechazo la lucha por la existencia, sólo afirmo que el desarrollo progresivo, tanto de todo el reino animal y, sobre todo, de la humanidad no es facilitado por la lucha mutua tanto como por la ayuda mutua”.

¿Por qué Kessler es un titán en la sombra? Las ideas de Kessler prendieron en **Kropotkin**, en **A. F. Brandt**, en **Konstantin Merezhkousky** y en **Kozo-Polyansky**, entre otros. Hoy en día la existencia de la simbiosis como mecanismo evolutivo es un hecho. Se sigue debatiendo sobre la importancia de la misma, lo que parece claro es que aquellos que abren la pluralidad de ideas en construcciones teóricas monolíticas tienden a ser olvidados y no debemos permitirlo. **Los que iniciaron el proceso de debate son titanes.**

REFERENCIAS

1. Gould, S. J. (2002). *La estructura de la teoría de la evolución*. Tusquets.
2. Gould, S. J. (1993). “*Brontosaurus*” y la nalga del ministro: reflexiones sobre historia natural. Crítica.
3. López-Ortiz, G. (2005). Lucha y altruismo en la naturaleza: la controversia Huxley-Kropotkin. *Encuentros en la Biología*, (106), 1. [de aquí se ha extraído la información sobre el debate entre Kropotkin y Huxley].
4. Todes, D. P. (1989). Darwin Without Malthus the Struggle for Existence in Russian Evolutionary Thought, [de donde se ha extraído el aspecto biográfico, las citas y las consecuencias ideológicas de la vida de Kessler].



EL CLUB DE LA LUCHA: ¿es la competencia eficiente?

El día 26 de abril de 2015 apareció, en el Diario El País, un artículo (1), firmado por el popular divulgador científico **Javier Sampedro**, con el siguiente título: “*la otra evolución de las especies*”. El artículo, mediante una vaga referencia al reciente artículo de **Toby Kiers** y **Stuart West** aparecido en la revista *Science* (en el cual se revisa el papel de la simbiosis *sensu lato*, es decir, simbiosis entendida como unión corporal completa y entendida como mutualismo o cooperación (2), como fuente de variación biológica y generadora de nuevas especies), comienza con un error que podría pasar desapercibido, pero que es fundamental desde un punto de vista histórico. Sampedro escribe lo siguiente:

“Debemos a Darwin la noción de una evolución basada en la lucha y el egoísmo, en la “naturaleza roja en diente y garra” que cristalizó en el perdurable verso de Tennyson”.

Sampedro atribuye a Darwin esta interpretación sangrienta de la evolución pero, como nos recuerda el gran **Stephen Jay Gould** (respetado paleontólogo malogrado en el 2002, pero también respetado especialista en la vida y obra de **Charles Darwin**):

“Darwin presentó efectivamente una definición general, metafórica de la lucha, pero sus ejemplos reales favorecían ciertamente la batalla sangrienta” pero fue “el mismo discípulo de Darwin, Thomas Henry Huxley, el que propuso esta visión gladiatoria de la selección na-



tural (...). Huxley sostenía que el predominio de la conciencia sangrienta definía el comportamiento de la naturaleza como moral” (3).

Es decir, la interpretación de la evolución como una “batalla sangrienta” surgió cuando la **teoría evolutiva** y la **ideología** se unieron más allá de los estereotipos inconscientes; se gestó al pensar que la naturaleza humana estaba barnizada de esa violencia. A tal extremo Darwin no llegó. Desde entonces, se estableció una dicotomía en la práctica totalidad del mundo occidental. Se pensaba que, bien había que evitar como fuere que la verdadera naturaleza humana violenta se mostrase (liberales idealistas y algunos materialistas) construyendo un determinado tipo de sociedad más o menos armoniosa, o bien, había que dejar que la “selección natural moral” siguiera su curso y que la élite más válida y capaz por naturaleza, se hiciera con el dominio de esa sociedad para sí (liberales realistas, reaccionarios y profascistas). Me gustaría dejar claro una cosa. Creo que Sampedro liga a Darwin con esta versión “sangrienta” de la evolución, no por malicia intrínseca (faltaría más), sino porque el paradigma (cada vez menos) dominante de la biología evolutiva piensa que toda evolución se produce por un diferencial en la descendencia de distintos individuos y, que este diferencial, está siempre mediado por la **competencia**. Ese paradigma lleva resquebrajándose más de veinte años, y cada día quedan menos trozos. Desde que **Kropotkin** propusiera la cooperación como *addenda* a la “lucha por la supervivencia de los más aptos”, hasta el artículo que Sampedro nos presenta, existe una línea ininterrumpida de evidencias que hacen, de la evolución, un proceso pluralista donde intervienen numerosos factores y que, la importancia de cada uno, se ha de evaluar en cada caso concreto pero, todos ellos, constituyen motores evolutivos (competencia, cooperación, simbiosis, contingencia, deriva, etc.). Es, exactamente, lo que ocurre en toda ciencia histórica, como lo es la evolución. Normal-



mente las explicaciones monistas caen con el tiempo en favor de explicaciones con múltiples factores en juego.

Pero vayamos al grano: ¿Es cierta la afirmación de que la naturaleza humana es competitiva? ¿Es, realmente, la competición un sistema superior a cualquier otro a la hora de proveer el mejor estado posible a una sociedad (en particular) o un sistema dado (en general)? Esta misma pregunta se la han planteado en los últimos años muchos intelectuales (debido a la intensidad de la crisis económica que padece el mundo occidental). Es una pregunta que, desde que se implantó el neoliberalismo con el llamado “Consenso de Washington” de 1975, y las pruebas previas llevadas acabo salvajemente en 1973 por **Milton Freedman** y sus colaboradores, a través de la dictadura fascista de **Augusto Pinochet**, viene haciéndose cíclicamente mucha gente. En 1986, el prolífico pedagogo y psicólogo **Alfie Kohn**, publicó la que es considerada su obra de referencia (4). En ella ataca el núcleo empírico de la competencia como “el mejor sistema posible y el más eficiente en el reparto de recursos”.

De hecho, como **Christian Felber** afirma en su aclamada última obra:

“La competencia es el método más eficaz que conocemos”, escribe el *premio Nobel* (nota 1) de Economía Fredercik August von Hayek. He intentado encontrar los estudios empíricos a través de los cuales Hayek llega a esta conclusión. Para mi asombro, no los he encontrado. He buscado entre los trabajos de otros economistas (...). Tampoco aquí he tenido éxito. Ninguno de los economistas coronados con el *premio Nobel* ha demostrado jamás que la competencia sea el mejor método que conocemos”(5).

Por contra, Kohn si que basa sus conclusiones en estudios empíricos. Kohn basa su crítica a la competencia en 3 mitos fundamen-



tales que se mantienen sobre la competencia en nuestras sociedades actuales: I) La competencia es innata al ser humano, II) La competencia es necesaria para una elevada productividad y la excelencia y III) La competencia es el más eficiente sistema de reparto de recursos.

¿La Competencia es innata al ser humano? Kohn demuestra como este concepto es desconocido para múltiples culturas y sociedades actuales o cercanas en nuestra historia o, en su caso, evitan la competencia y fomentan la cooperación: esto ocurre en los pueblos indígenas americanos, como los Zuñi, los Iroquois, los inuit, y en grupos tan dispares a ellos como los son algunos grupos indígenas Africanos, como los BaTonga de los Bantú, o algunas comunidades de nueva creación como los Kibbutznik de Israel.

Para apoyar esto, Kohn ha realizado múltiples experiencias empíricas. Por ejemplo, las comunidades agrícolas mexicanas han tenido históricamente que hacer frente a múltiples calamidades, tanto ambientales, como políticas. El comportamiento que consiste en evitar la competencia y fomentar la cooperación parece, también, bastante arraigado en estas comunidades. Por ello, Kohn sometió a niños mexicanos y norteamericanos a una sencilla prueba: aprender a jugar a “juegos cooperativos” donde, para ganar todos, hay que cooperar, y si esto no se hace, pierden todos. Los resultados son espectaculares: los niños mexicanos, tras la explicación pertinente del juego, no tuvieron ningún problema a la hora de desarrollarlo y terminar en victoria comunitaria, en cambio, los niños norteamericanos fueron, sistemáticamente, incapaces de jugar a este juego cooperativo. Además, cuando el juego cooperativo no estaba en marcha, se les dejaba jugar a su antojo con múltiples juguetes disponibles. Los niños norteamericanos mostraron una elevada tasa de robo de juguetes a sus compañeros (78%), no porque no hubiera juguetes suficientes para todos,



sino que, al parecer, su única motivación era la de dejar al otro sin juguete. Esta tasa se reducía a la mitad en los niños mexicanos. Estos resultados parecen sugerir un importante componente social en el origen de la competencia. Otros estudios han confirmado esto.

Gerald Sagotsky y colaboradores (6) intentaron comprobar si el comportamiento cooperativo podía aprenderse con varias sesiones de entrenamiento y, si esto era así, cuanto tiempo permanecía latente en el sujeto. Para ello, entrenaron a diferentes grupos de niños en juegos cooperativos durante varias semanas. Observaron que, con posterioridad a estos entrenamientos, mantenían el comportamiento, tanto dentro del juego, como fuera de él. ¡Empezaban a usar la cooperación fuera de los ámbitos del juego! Observaron que el mismo resultado se producía cuando realizaban los experimentos con adultos.

¿Es realmente la competencia el método más productivo? Son diversos los estudios que cita aquí Kohn pero el más interesante, por su generalidad, es el meta-estudio que realizaron **David W. Johnson** y **Roger Johnson** (7) y que, posteriormente, han revalidado y ampliado mucho en sucesivos análisis. En este meta-estudio se analizaron 122 estudios realizados entre 1924 y 1980 sobre los logros que conseguían los alumnos en clase. En 75 de estos trabajos encontraron que la cooperación en clase daba mejores resultados a los alumnos que la practicaban frente a aquellos que practicaban la competencia, y en 36 que, tanto la cooperación como la competencia, daban resultado equivalentes. En palabras del propio Kohn, “*tratar de hacerlo bien o tratar de vencer a otros son cosas muy distintas*” y, por tanto, produce resultados diferentes.

En consecuencia, ¿Es realmente la competencia el mejor sistema en el reparto de recursos? Para ilustrar mejor este punto, utilizaré un ensayo reciente escrito por los ya veteranos investigadores del “MIT Media Laboratory”, **Henry Lieberman** y **Christopher Fry**, en



el que, utilizando la computación y el Dilema del Prisionero iterativo (o repetitivo) de Axelrod (1984) para explorar y analizar los límites reales de la competencia (8). Lieberman y Fry definen lo que ellos llaman el “**Teorema Fundamental del Capitalismo**” o, por sus siglas en inglés, FTcC: “*La competencia individual se traduce en el bienestar de todos*”, la ya manida metáfora de **Adam Smith** sobre la “mano invisible” que guiaría este proceso, desde la competencia individual, hasta el bienestar colectivo.

	He cooperates	He doesn't cooperate
I cooperate	<i>Reward:</i> We both get \$3 :-)	<i>Sucker's payoff:</i> I get \$0 He gets \$5
I don't cooperate	<i>Temptation:</i> I get \$5, He gets \$0	<i>Punishment:</i> We both get \$1 :-{

Figura. 1. Resumen del dilema del prisionero favorable a la cooperación tal y como lo propone Axelrod (1984 y referencia 8).

Primeramente aclaremos algo sobre *Teoría de Juegos*: ¿Qué es el dilema del prisionero iterativo? En la Figura 1. Podemos ver un esquema del Dilema del prisionero clásico desarrollado por **Merrill Flod** y **Melvin Dresher** en 1950 para demostrar que la “mutua destrucción nuclear”, como estrategia de guerra, era absurda. En este dilema clásico se plantea el siguiente problema. Se parte de una situación donde dos personas se encuentran detenidas e incomunicadas. Se les presupone relación delictiva (de ahí lo de prisionero). Si uno de los presos colabora con sus captores, mientras que el otro no lo hace, el que colabora se lleva una bonificación monetaria (en la figura 1 es de 5\$). Si ninguno de ellos coopera, ambos reciben una bonificación que siempre es menos a que si ambos cooperan (en nuestro



caso 1\$ y 3\$ respectivamente). Si el dilema solo se repite una vez, la competencia se establece: tu compañero de fechorías y tu competís por los 5\$ que siempre será mejor que cooperar (3\$) o no cooperar (1\$). Pero ¿Qué ocurre si tenemos que volver a cooperar? Si seguimos compitiendo entre nosotros una y otra vez, resulta que ahora la estrategia más beneficiosa para cada unos es, precisamente, la que implica que hagamos lo mejora para el otro: cooperar (3\$ frente a 2,5\$ de promedio). Alguien podría alegar que el hecho de que la cooperación funcione en este caso se debe, única y exclusivamente, a que son 5\$ la recompensa en caso de competir y no, por ejemplo, 10\$. Efectivamente, si la diferencia entre competir y cooperar es demasiado grande (por ejemplo, en la vida real, podemos vernos impedidos a cooperar por razones de trabajo, impedimentos en la comunicación, en el desplazamiento o, también, cuando los recursos son muy escasos), la competencia se vuelve eficiente, pero cuando la diferencia es baja (el coste de la comunicación se abarata que es, precisamente, la tesis que sostienen Lieberman y Fry, los transportes también, los recursos se vuelven más abundantes, etc.), la cooperación es netamente superior a la competencia.

El dilema del prisionero iterativo nos demuestra que, cuando se pueden elegir estrategias a largo plazo, la cooperación tiende a ser más eficiente.

Además, hay que tener en cuenta que la motivación solo es eficiente en los primeros procesos de esa estrategia a largo plazo. Es mucho más difícil mantener esa motivación por la competencia que la cooperación. Otros experimentos realizados por **Alfie Kohn** en 1993 (9) demostraron que la motivación externa (es decir, aquella que proviene mediante un estímulo externo, por ejemplo, una retribución económica) tiene un marcado efecto muelle. En primera instancia, estimula mucho la producción pero, seguidamente se produce



una bajada en la misma situándose se siempre por debajo de los grupos control.

¿Estas ideas tienen alguna importancia más allá de lo revolucionarias que resultan dentro del mundo de la economía? ¿Pueden los seres vivos regirse por estrategias cooperativistas a largo plazo? Hay que recordar una cosa. La selección natural es ciega. Es decir, nadie piensa en cooperar o competir, simplemente, se “selecciona” (se queda) aquello que más descendencia deja. En ambientes con recursos abundantes, podemos esperar que esto, efectivamente ocurra; que, aleatoriamente, las poblaciones tengan individuos cooperantes y competidores y que, por una simple razón matemática, los cooperadores sean sistemáticamente más eficientes.

Esto es lo que ocurre en la especie *Octodon degus* o degú, un roedor chileno fenotípicamente muy similar al ratón de campo o al ratón casero europeo. **Edgardo E. Sánchez** y **Mauricio Canals** (además de otros colaboradores) acaban de demostrar que estos roedores se reúnen en pequeños grupos cuando la temperatura ambiental baja pero, no lo hacen a las directrices de un individuo dominante, como por ejemplo ocurre en el gregarismo de las palomas, sino que no existe, aparentemente, ninguna jerarquía (10). Son, en este aspecto, similares al pingüino Emperador. Es decir, estos Degú están ahorrando energía calórica, reuniéndose todos juntos, en lugar de competir por un refugio.

Termino con unas palabras de Lieberman y Fry:

“El problema teórico de una estrategia óptima para el Dilema del Prisionero iterativo, en general, aún no ha sido resuelto (...). Sin embargo, ya tenemos el conocimiento suficiente para proponer lecciones prácticas importantes para la sociedad”(8).



¿Sabremos escucharlas?

NOTAS

- El Premio Nobel de Economía, como tal, no existe. Es un premio entregado por el Banco Central de Suecia en el campo de las ciencias económicas en memoria de Alfred Nobel. Se otorga desde 1969 y no está financiado por la Fundación Nobel (ver ref. 5, p. 269).

REFERENCIAS

1. Sampedro, J. [La otra evolución de las especies](#). *EL PAÍS*, 26 de abril de 2015.
2. Kiers, E. Toby & West, Stuart A. (2015). Evolving new organisms via symbiosis. *Science* 348(6233), 392-394.
3. Gould, S. J. (1993). “*Brontosaurus*” y la nalga del ministro: reflexiones sobre historia natural. Ed. Crítica. p. 376.
4. Kohn, A. (1992). *No contest: The case against competition*. Houghton Mifflin Harcourt.
5. Felber, C. (2012). La economía del bien común. *Barcelona, Grupo Planeta, Ediciones Deusto*. p. 37.
6. Sagotsky, G., Wood-Schneider, M., Konop, M. (1981). Learning to cooperate: Effects of modeling and direct instruction. *Child Development*, 1037-1042.
7. Johnson, R. T., & Johnson, D. W. (1986). [Cooperative learning in the science classroom](#). *Science and Children*, 24, 31-32.
8. Lieberman, H., & Fry, C. (2015). [Understanding the Limits to Competitive Processes](#). *First Workshop on Computing wi-*



thin Limits, Irvine, CA.

9. Kohn, A. (1993). [Why Incentive Plans Cannot Work](#). *Harvard Business Review*. 71(5), 54-63.
10. Sánchez, E. R., Solís, R., Torres-Contreras, H., & Canals, M. (2015). Self-organization in the dynamics of huddling behavior in *Octodon degus* in two contrasting seasons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 69(5), 787-794.



EL RECUERDO DEL MIXOMICETO

Desde que el que el ser humano fue ser humano, ha existido una dicotomía muy marcada en la forma en la que las personas recuerdan hechos, vivencias o lugares. Por un lado, introspectivamente, todos recordamos el pasado con más o menos vivacidad y exactitud; recordamos un bosque que hemos visitado o una ciudad en la que hemos vivido, pero, además de ello, somos capaces de recordar cosas que no están dentro nuestro y que, mediante un “soporte externo a la memoria”, somos capaces de recuperar y de recordar: las fotografías, los libros, las leyendas y las expresiones populares de cultura sirven como una especie de almacén externo de información que sigue sus propias reglas y que evoluciona según sus propias reglas.

¿Puede un organismo cualquiera tener este “soporte externo a la memoria”? Muy razonablemente podríamos pensar que, para ello, tendría que ser un animal cultural: es la forma más conocida de “soporte externo a la memoria”. Ciertamente, se ha observado que ciertos grupos de Chimpancés, babuínos, cetáceos, etc., son poseedores de este tipo de sistema culturales. Otros “organismos superiores” son, ciertamente, candidatos a tenerlos como los elefantes, el Kea neozelandés, los cánidos gregarios y, en general, muchos de los mamíferos y de las aves que son sociales.

Pero ¿Qué ocurre en otro tipo de organismos? ¿Puede un organismo sin sistema nervioso tener memoria? La respuesta, casi refleja, que daríamos todos sería que no, y esta respuesta refleja, viene dada porque nuestra definición de memoria casaría perfectamente con lo que se conoce como **memoria interna** (que viene del interior del or-



ganismo y que está situada en un órgano concreto del sistema nervioso. Pero, como hemos dicho, los seres vivos pueden externalizar su memoria; dejar en el medio su **memoria externa** para ahorrar espacio en sus cerebros. Habíamos dicho que estos animales tendrían que ser animales sociales y culturales ¿Seguro? ¿No podríamos considerar una especie de memoria externa los rastros de feromonas que dejan las hormigas al explorar el territorio cercano a la colonia y reforzar, con esas feromonas, los caminos que conducen hacia las fuentes de alimento? Por tanto ¿Puede un insecto tener memoria externa? De hecho si. Al igual que consideramos memoria un texto que, al leerlo, nos recuerda un concepto o una historia, se considera memoria un “texto de feromonas” dejadas en el suelo que, al “leerlo” nos recuerda donde está nuestra casa. Así, un organismo con un sistema nervioso relativamente sencillo (como las artrópodos) pueden llegar a “almacenar” una increíble cantidad de datos sin sobresaturar sus sistemas nerviosos ¿Os imagináis lo que supondría para el cerebro de una hormiga almacenar semejante información espacial? El tamaño del ganglio cerebral de ese formícido sería, realmente, formidable.

Pero ahondemos sobre la interesante pregunta “¿Puede un organismo sin sistema nerviosos tener memoria?”. Ahora, después de conocer el concepto de memoria externa, enseguida se nos vendrán a la cabeza mil formas teóricas por las cuales un organismo sin sistema nervioso (por ejemplo, hongos, protistas, plantas vasculares, etc.) podría tener memoria y “depositar” información en el medio. Por ejemplo, alguno de estos seres vivos sin sistema nerviosos podría utilizar la misma estrategia que las hormigas y utilizar alguna sustancia química vertida al medio para, por ejemplo, saber cuales son los sitios por los que ya ha pasado (“huele” a él). Esto es justamente lo que han demostrado **Chris R. Reid** y colaboradores (1) : un protista unicelular y multinucleado llamado *Physarum polycephalus*, que organiza su “macrocélula” en lo que se conoce como plasmodio (a este tipo



de organismos se les conocía hace unos años como “myxomicetes” o mohos del barro), se ha mostrado capaz de recordar el territorio explorado para, así, alcanzar la comida mucho más rápido. Hay múltiples formas teóricas de imaginar una memoria externa pero, este, es el único caso probado, hasta el momento, de memoria externa en organismos sin sistema nervioso.

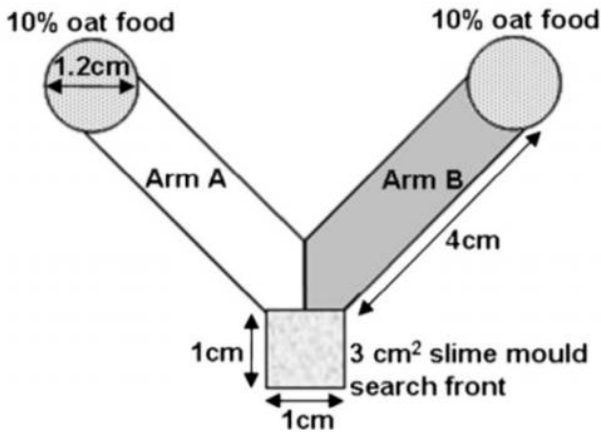


Figura 1. Aquí se muestra la primera prueba a la que sometieron a *Physarum polycephalum*. El “brazo B” es el que contiene la glicoproteína y, en el cuadrado de 1cm², es donde se deposita al plasmodio de *Physarum* [tomado de Chris R. Reid et al., 2012].

¿Cómo lo hace *Physarum polycephalum* para elaborar su “memoria”? Chris R. Reid y colaboradores diseñaron 2 ingeniosos experimentos para determinarlo. En el primero de ellos (Fig. 1) disponían al plasmodio frente a la disyuntiva de elegir entre un camino que, previamente, había sido “barnizado” con la sustancia química que



utiliza el protista para “saber” que ya ha pasado por ahí (es un glicoproteína de alto peso molecular, diferente químicamente de una feromona y más similar a una secreción mucosa) y de un camino sin ese “barniz” de glicoproteína. Ambos caminos conducían a una rica solución de glucosa: un alimento muy apetecible ¿Quién no correría detrás de un buen néctar? Una vez seleccionaban uno de los dos caminos, se les impedía volver al otro. Su hipótesis predecía que aquellos plasmodios que entraran el camino libre de glicoproteína tardaría mucho menos tiempo en alcanzar la preciada glucosa porque, aquellos que escogieran el camino con la glicoproteína, verían como su propia secreción de glicoproteína sería enmascarada por la presente en el ambiente, haciendo imposible su orientación espacial. Así sucedió. Prácticamente el 100% de los que entraron en el camino libre de glicoproteína alcanzaron el objetivo en el tiempo experimental (120 horas para recorrer 4 centímetros; lentos pero seguros), mientras que solo lo consiguieron el 40% de los que entraron en el camino con glicoproteína. La velocidad de los que sí consiguieron llegar también fue mayor en los plasmodios que entraron en el camino libre de glicoproteína.

En el segundo experimento se puso a prueba la capacidad del protista para superar obstáculos situados en un camino. Aquí quisieron comprobar si esta “memoria espacial externa” confiere algún tipo de ventaja en ambientes complejos. La hipótesis, en este caso, predecía que la distancia recorrida para superar el obstáculo en medios que no tuvieran la glicoproteína sería mucho menor que en los que si la tuvieran. De hecho, fue espectacularmente menor. Los plasmodios de *Physarum polycephalus* que buscaban la comida en un medio con glicoproteína recorrían casi 3 veces más distancia (ver [película 1](#)) que aquellos que lo hacían en medios libres de ella (ver [película 2](#)). Estos últimos, además se acercaban mucho al recorrido más óptimo y eficiente, por lo que su “memoria espacial externa” funciona real-



mente bien.

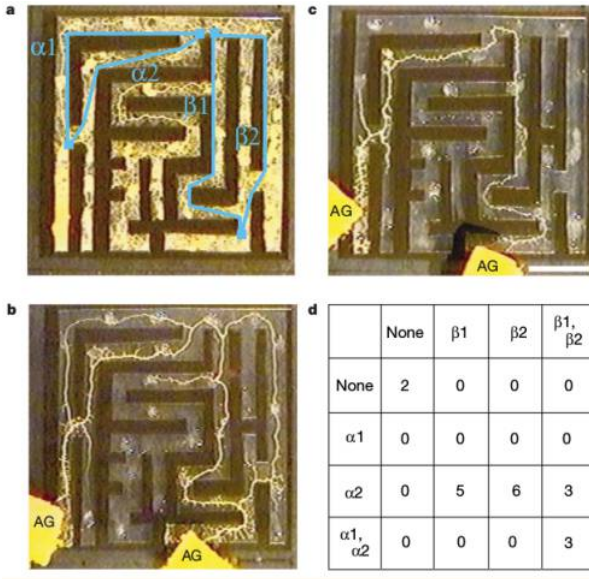


Figura 2. Prueba del camino más eficiente realizada a *Physarum polycephalum*. a) se deja explorar al plasmodio, b y c) los dos caminos más eficientes, representados por $\beta 1$ y $\beta 2$, fueron sistemáticamente elegidos, d) matriz de resultados.

Otros investigadores han estado indagando en las propiedades exploratorias de este protista. **Toshiyuki Nakagaki**, **Hiroyasu Yamada** y **Ágota Tóth**, hace ya 15 años (2) demostraron que este organismo es capaz de encontrar el camino más corto en un laberinto. Para demostrarlo, dejaron que el plasmodio se extendiera por todo el laberinto en el cual no existía salida. Las “salidas”, en este caso, iba a ser fuentes de alimento hacia las cuales el plasmodio crecería. Así



que, en primer lugar, se le deja a *Physarum* que explore el laberinto y, posteriormente, se “abren las puertas” del alimento. ¿Qué ocurre? Algo impresionantes: el protista encoge su plasmodio hasta conectar las fuentes de alimento que se “abren” (en el caso del experimento, 2) y lo hace, además, siempre por el camino más corto (Fig. 2).

La existencia de sistema de memoria externos al organismo, tal y como dicen los autores de estas dos experiencias, puede estar mostrándonos lo que sería el precursor evolutivo de la memoria interna. Pero las conclusiones que podemos extraer van más allá de esto. ¿Existe una diferencia cualitativa entre la memoria interna y la memoria externa? Es decir, ¿son simplemente diferentes adaptaciones al medio y, realmente, una de las dos es superior a la otra? ¿Qué implicaciones puede tener esto para definir una vida como “simple” o como “compleja”? ¿Cómo afecta esto a la definición de ecosistema y a las visiones reduccionistas del mismo?

Desde mi humilde punto de vista creo que este tipo de experiencias han demostrado hasta que punto el exterior y el interior de un organismo pueden relacionarse, llegando al límite de “depositar” memoria en el medio. Si este proceso estuviera generalizado en todos los protistas capaces de formar plasmodios, estaríamos hablando de una revolución en la forma de comprender los ecosistemas. Recordemos que estos organismos son la pieza angular de los mismos al encargarse del reciclado de la materia (entre otros grupos), pero esta en manos de del avance del conocimiento el establecer la verdadera importancia de este proceso en la evolución, en la transferencia de energía entre niveles tróficos y en nuestra concepción sobre la “memoria natural”.

REFERENCIAS

1. Reid, C. R., Latty, T., Dussutour, A., & Beekman, M. (2012).



Slime mold uses an externalized spatial “memory” to navigate in complex environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(43), 17490-17494.

2. Nakagaki, T., Yamada, H., & Tóth, Á. (2000). Intelligence: Maze-solving by an amoeboid organism. *Nature*, 407(6803), 470-470.



NO ES ORO TODO LO QUE RELUCE: La fase medusa y la fase pólipo en los Cnidarios

El pasado 11 de Mayo las costas de Denia y Xàbia se llenaron diversas especies de Cnidarios. A bombo y platillo los medios anunciaban que “el viento arrastra miles de medusas” hacia las playas y, claro, el pánico corrió entre los temerosos ciudadanos y avaros hosteleros que veían derrumbarse sus previsiones de elevados beneficios para el verano venidero (1).

¿Qué es una medusa y por qué lo que había llegado a las costas alicantinas no eran, en su mayoría, medusas? ¿Qué son los Cnidarios y cómo diferenciar los diferentes tipos? Estas son las preguntas que vamos a resolver en este pequeño texto. En primer lugar aclarar la confusión que generó esta noticia. Como bien indica la noticia lo que se halló, mayoritariamente, fueron medusas velero, pero aunque se llamen así, no son medusas. Son sinfonóforos. Vamos a explicar esto adecuadamente con algunas definiciones. La **medusa** es el estadio sexual típico de los Cnidarios y normalmente pelágico (qué vive en los primeros 100-200 metros de la columna de agua). Las medusas desarrollan gónadas y producen gametos que serán liberados al agua y donde se producirá la fecundación. Por su lado, los **pólipos** son estadios de vida normalmente sésil, por tanto normalmente, bentónicos (que viven ceñidos a los suelos oceánicos) y que, muchas veces, se reproducen asexualmente. Es decir, una de las características definitorias de los Cnidarios es que poseen 2 formas corporales. Por tanto ya sabemos qué es una medusa. Ahora bien, como siempre en



zoología, aquí estamos hablando de la descripción general de un patrón que. De hecho, las cuatro clases que se definen dentro de los Cnidarios pueden ser distinguidas por las variaciones que presentan en la alternancia de las 2 formas (en jerga biológica se dice que poseen un ciclo vital **metagenético**). Todos tenderíamos a suponer, sin más explicaciones, que “lo normal” sería que aproximadamente la mitad de la vida de un cnidario transcurriese como medusa y la otra mitad como pólipo y que, además, las dos formas fueran similares en tamaño. Si una medusa es grande, su pólipo también lo tiene que ser. Pues bien, nada más lejos de la realidad.

Vamos a razonar. En teoría, y sabiendo que no existe ninguna razón *a priori* que impida que una medusa y un pólipo de la misma especie sean de distinto tamaño y que vivan tiempos distintos, podemos imaginarnos varias combinaciones posibles: I) que el pólipo sea más pequeño que la medusa, II) que la medusa sea más pequeña que el pólipo, III) que la especie pase más tiempo como pólipo que como medusa, IV) que la especie pase más tiempo como medusa que como pólipo, V) que el pólipo no exista y VI) que la medusa no exista.

Antes de seguir con las 4 clases de Cnidarios y ver como combinan estas posibilidades, conviene también saber un poco más de nuestros urticantes amigos. La culpable de su “picadura” es una pequeña célula presente en la **ectodermis** (su capa de células más externa), tanto de los pólipos, como de las medusas. Este es el aspecto más estudiado y divulgado sobre las medusas. Muchos ya saben que ésta célula recibe el nombre de **cnidocito** y que tiene una especie de tapadera que libera un diminuto arpón proteico embebido en sustancias urticantes. La liberación se produce por estímulo mecánico y, al frotar la ectodermis de una medusa, miles de estas células se disparan al unisono para dejarnos una bonita y dolorosa marca en nuestra epidermis. Lo que ya no se ha divulgado tanto son otras características



de estos animales. Por ejemplo, poseen receptores sensoriales que, en la mayoría de los casos, son sencillos, pero que en algunos grupos alcanza bastante complejidad: órganos capaces de recibir información posicional del animal y, en algunas especies, información luminosa. Reciben el nombre de **ropalias**. No poseen ni sistema circulatorio, ni digestivo, ni excretor y respiratorio. El intercambio de gases se produce directamente por difusión con el medio, al igual que la excreción. Poseen una cavidad en su interior llamada **celenterón** (en el pólipo) o **cavidad gastrovascular** (en la medusa) en la cual se vierten enzimas para digerir el alimento ingerido. El epitelio de dicha cámara, llamado **endodermo**, es el encargado de absorber los nutrientes resultantes. El sistema nervioso es muy sencillo. No existe ninguna concentración de neuronas, o ganglio, que podamos asimilar a un centro nervioso. Es más bien una red difusa muy elemental. No poseen células musculares asimilables a las de un invertebrado más complejo o a las de un vertebrado, pero si poseen algunas células contráctiles que permiten, sobre todo a la fase de medusa, el típico movimiento ondulatorio que todos conocemos. Entre las dos capas de células principales que componen estos animales (endodermo y ectodermo) encontramos una capa, casi toda ella orgánica, que dota de cierta consistencia a la medusa. Es la llamada **mesoglea**. En ella pueden nadar células que son totipotenciales y que le dan la capacidad tan exacerbada que tienen las medusas de regenerarse. Ahí también se desarrollan las **gónadas** a partir de estas mismas células. Y quizá algo no tan llamativo, pero si importante, es que poseen **simetría radial**.

Con estas pinceladas sobre las características del grupo de animales y las posibles combinaciones medusa/pólipo, vamos a diferenciar las 4 clases de cnidarios:

Anthozoa: carecen de fase medusa. Los pólipos pueden vivir en soli-



tario o agruparse para formar colonias (dependiendo de la especie). Pueden reproducirse, tanto sexualmente, como asexualmente y, en el interior del celenterón, tienen septos siguiendo una simetría radial que se basa en el número 8, en el 6 o en múltiplos de 6 (es decir, poseen 6, 8, 12, 18, etc. septos en el celenterón. Se ha propuesto que sería una adaptación porque, de esta forma, se incrementa la superficie de endodermo y se podría digerir más eficientemente). Algunos nombres comunes que corresponde a esta clase son los **corales** y las **anémonas**. Es, con mucho, la clase con más especies: más de 6000 (2).

Hydrozoa: tienen fase medusa y de pólipo (ciclo metagenético), pero hay excepciones en ambas direcciones. El patrón general es que el pólipo sea bentónico y sésil, mientras que la medusa sea pelágica y móvil. Las medusas de esta clase son de pequeño tamaño por lo que forman parte de lo que genéricamente se llama plancton (organismos de reducidas dimensiones que viven en los primeros metros de la columna de agua). Éstas carecen de ropalías. La característica más llamativa de este grupo es que los pólipos forman colonias que, a diferencia de los corales, se encuentran especializadas. Es decir, hay pólipos defensivos, pólipos dedicados a la alimentación o tróficos, pólipos especializados en la reproducción asexual. Todos los pólipos están conectados entre ellos y, todo el conjunto, está protegido por un exosqueleto quitinos (a veces es de carbonato de calcio). Ningún pólipo tiene septos en su interior. Los **sinfonóforos** serían un orden peculiar de esta clase. Se caracterizan por formar colonias flotantes muy complejas, con muchos tipos diferentes de pólipos y de individuos en fase medusa modificados. Muchos tienen un pólipo modificado lleno de gases y con morfologías peculiares que les permite flotar. *Veleva veleva* sería un sinfonóforo. En total, los hidrozoos suman unas 3000 especies, pero el grupo está actualmente en revisión. Quizá se divida en varias clases (2).



Cubozoa: la sección transversal de la fase medusa es casi cuadrada. Tienen también fase pólipo. Es característico que, de cada pólipo, surja tan solo una medusa. En el resto de clases, cuando hay pólipo, se produce un proceso llamado **estrobilación**, por el cual el pólipo produce múltiples larvas que darán lugar a medusas. En este caso no hay estrobilación ni larva. Se produce una **metamorfosis completa**. Son muy pocas especies y, generalmente, de mares tropicales. Sus picaduras son las más tóxicas, en muchos casos mortales para el ser humano. A este grupo pertenecen las llamadas **avispa de mar**. Tan solo hay 36 especies (2).

Scyphozoa: aquí se da la combinación que nos queda. Medusas grandes con pólipos pequeños. Es decir, la fase medusa predomina sobre la fase pólipo y, por tanto, estas son las **verdaderas medusas** por derecho propio. En muchos casos la fase pólipo desaparece. La cavidad gastrovascular de las medusas se divide en 4 por septos en los cuales se desarrollarán las gónadas. Tienen una mesoglea gruesa y desarrollada. Son las típicas medusas pelágicas; *Pelagia noctiluca* o *Aurelia aurita* son las dos especies que, más probablemente, podemos encontrarlos en las costas ibéricas (2).

Volvamos a las preguntas iniciales ¿Qué es una medusa y por qué lo que había llegado a las costas alicantinas no eran, en su mayoría, medusas? ¿Qué son los Cnidarios y cómo diferenciar los diferentes tipos? Ahora ya sabemos contestarlas.

REFERENCIAS

1. Levante-EMV 12/05/2015 A.F.P – [Link](#). Vistado por última vez el 28 de Noviembre 2015
2. Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2003). *Invertebrates* (Vol. 2). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.



LOS CUELLOS IMPOSIBLES Y SU FÍSICA

La descripción de una animal sirve para mucho más que simplemente reconocerlo cuando lo observamos. Por ejemplo, sabemos que el cuello de la jirafa mide unos 2 metros de longitud, que esto sitúa la cabeza del animal a 3 metros sobre el corazón y que, la misma cabeza, se sitúa entre 5 y 6 metros sobre el suelo. Es, por tanto, el vertebrado terrestre más alto actualmente. ¿Y porqué digo que las descripciones de una animal sirven para algo más que para reconocerlo? Porque no es muy habitual razonar sobre las descripciones de un animal como lo haríamos ante la descripción de un crimen. Cuando leemos una buena novela negra o vemos una buen *thriller*, solemos preguntarnos quien es el malo, si las pruebas que hay son convincentes, etc., en definitiva: intentamos razonar sobre los hechos. Pero cuando se trata de animales solemos dejar el tema de lado. Nos conformamos con que el zoólogo de turno nos explique lo bonito que es el animal; nos quedamos satisfechos con una vaga descripción del envoltorio, pero eso hoy va a cambiar.

El cuello de uno jirafa llama la atención por su longitud (esto es el envoltorio), pero podríamos preguntar, cual Sherlock Holmes, (y esto es algo que no nos solemos preguntarnos y que tiene vital importancia para comprender las dificultades fisiológicas que afrontan los vertebrados con cuellos largos) ¿Qué fuerza necesita un corazón para bombear sangre a una distancia de 3 metros? Para hacernos una idea del problema al que se enfrenta una jirafa al intentar irrigar su cerebro podemos realizar una sencilla experiencia: unir 3 o 4 pajitas



e intentar beber un vaso de agua con esta “superpajita”. Como podremos comprobar, nos costará mucho hacer llegar el agua a nuestros labios. Esta acción de succión se realiza mediante presión negativa de nuestros pulmones, pero la jirafa necesita presión positiva por parte del corazón y, de esta manera, hacer llegar la sangre 3 metros más arriba.

Vamos a ir a lo concreto.

¿Qué principios físicos nos van a ayudar a resolver nuestro caso? La presión. La presión la podríamos definir como la fuerza que ejerce un determinado fluido sobre una superficie. En física, la unidad de fuerza fundamental es el Newton y, por tanto, la presión se medirá en Newtons por unidad de superficie. Pese a ello, la tradición es fuerte en la ciencia y existen tres unidades que se usan más comúnmente para medir la presión: los milímetros de mercurio (mmHg o Torricellis), los bares (muy usados en meteorología) y las atmósferas (1,01325 bares). Entre estas magnitudes, y los Newtons por unidad de superficie, existen equivalencias. Por ejemplo, 1 bar son 100.000 Newtons por metro cuadrado (kN/m^2) y 1 atmósfera (que son 760 mmHg) son 100 bares o $10.132.500 \text{ N/m}^2$. Ahora que tenemos la referencia de la fuerza que tiene 1 atmósfera, podemos entrar en la presión sanguínea. Nuestra presión sanguínea se considera normal cuando la mínima (diastólica) es de 90 mmHg y la máxima (sistólica) es de 130 mmHg, o lo que es lo mismo, entre 0,12 y 0,17 atmósferas. Según **James V. Warren** (1974) la presión sanguínea de una Jirafa se sitúa entre 200 y 300 mmHg, o lo que es lo mismo, entre 0,26 y 0,4 atmósferas: puede llegar a ser más del doble que la nuestra (1). De hecho, según ha documentado posteriormente el propio James V. Warren y otros fisiólogos como **Alan R. Hargens** y colaboradores (1984), ésta presión sanguínea es la más alta de las registradas en vertebrados terrestres (2).



Es Lógico. El corazón tiene que enviar a 3 metros de altura sangre con suficiente presión como para que la jirafa no pierda la consciencia. Pero ¿Ya hemos solucionado el problema? ¿Qué ocurre cuando una tubería lleva más presión de la que pueda aguantar? El caso se complica. Solo con la presión no podemos explicar cómo una jirafa puede pasearse sin perder la consciencia por la sabana del cuerno de África, a las puertas del Sahara o cerca del desierto del Kalahari.

300 mmHg es una presión muy elevada para un tejido (no debemos confundir este tipo de presión, con la presión que pueden soportar los organismos que habitan los mares profundos: esta presión es igual dentro del organismo y fuera del organismo. Aquí hablamos de “chorros” de sangre que aumentan la presión de la arteria con cada contracción ventricular). Y, si nosotros, que nuestro corazón se sitúa a unos 50 cm de la cabeza, nos mareamos cuando pasamos de una posición recostada (el corazón a la misma altura que la cabeza) a una erguida, ¡Imaginaos que ocurrirá en una Jirafa! Por eso una jirafa agacha sus piernas a la hora de beber. Así no tiene que bajar la cabeza por debajo del corazón. ¿Por qué una jirafa no puede bajar la cabeza por debajo del corazón? 2 razones hay para esto: I) el cambio de presión que sufriría su sistema circulatorio y, II) porque una cabeza por debajo del corazón, podría sufrir un aumento la presión sanguínea en las arterias cerebrales que a su vez, muy probablemente, produciría edema cerebral. Para evitar, precisamente, este edema, las paredes de la arteria aorta y de las arterias y arteriolas situadas en la cabeza, son en proporción, mucho más gruesas que las del resto de vertebrados. Hay, además, otra causa para que la presión sanguínea en las jirafas sea tan alta, y es algo que tampoco solemos tener en cuenta a la hora de pensar en la fisiología circulatoria de los animales o en la instalación de fontanería de nuestras casas: las tuberías pequeñas ejercen una resistencia a ser llenadas. Por tanto, en las jirafas, hay



que superar 3 metros de altura y una presión extra correspondiente a los capilares situados allí arriba.

Como vemos, el cuello de la jirafa es todo un problema circulatorio. Todo un caso que, si nos hubiéramos conformado un la majestuosidad de una animal tan esbelto, se nos habría pasado por alto. Parece que la vida de una jirafa no estará exenta de de mareos, moscas oculares de color rojo y de “¿que venía a hacer yo cerca de esta acacia?”. Pero este es un cuello posible, un cuello que todos hemos visto en zoológicos y documentales. Pero ¿Os imagináis los problemas que podría generar un cuello de 6,5 m, con una cabeza situada, seguramente a más de 8 m de altura? Ese es el caso del saurópodo *Brachiosaurus* que, con sus 78 toneladas y 35 metros de longitud (según la recopilación hecha por **Christopher McGowan** en 1983), se sitúa como el mayor vertebrado terrestre jamás conocido (3). Vivió durante el jurásico medio (concretamente hace 152-145 millones de años). ¿Qué adaptaciones presentaría su sistema circulatorio ante la necesidad de bombear sangre a 8 metros de altura? Una extrapolación de las dificultades de la jirafa nos daría a entender que, muy probablemente, el tipo de adaptaciones que presentaría *Brachiosaurus* serían similares a las de la jirafa. Pero ¿*Brachiosaurus* debió incorporar otras adaptaciones debidas a que las fuerzas físicas, con su tamaño, actuaría de forma más contundente? Solamente, una vez más, podemos hacer de investigadores e intentar razonar sobre cómo podría haberse enfrentado este coloso a las alturas:

I. Supongamos que *Brachiosaurus* tenía una baja tasa metabólica (al contrario que la jirafa). 78 toneladas de células con baja tasa metabólica son capaces de generan gran cantidad de calor. Es lo que se conoce como *Homeotermia Inercial*. Pues bien, si la tasa metabólica es baja, los tejidos no demandarán tanto oxígeno, y la presión no necesitaría ser tan elevada, pero como un cuerpo tan grande genera



tanto calor, el corazón de *Brachiosaurus* podría haber tenido suficiente actividad como para proporcionar una más que suficiente presión sanguínea.

II. Además de un menor consumo por bajas tasas metabólicas, los *Brachiosaurus* tenían cerebros pequeños con respecto a su tamaño (McGowan, 1983) contribuyendo al falso mito de los dinosaurios con cerebros pequeños. Un cerebro pequeño, en proporción, consume menos oxígeno que uno grande y, por tanto, esta sería una segunda razón para que la presión sanguínea no fuese tan elevada.

CONCLUSIÓN: Probablemente las adaptaciones serían similares y, dada la hipótesis de la *Hometermina inercial*, los *Brachisaurus* contarían con algunas ventajas que, desafortunadamente, las jirafas no tienen.

REFERENCIAS

1. Warren, J. V. (1974). The physiology of the giraffe. *Scientific American*, **231**, 96–100.
2. Hargens, A. R., et al. (1987). Gravitational haemodynamics and oedema prevention in the giraffe. *Nature* **329**, 59–60.
3. McGowan, C., & Tabakman, R. (1993). *Dinosaurios y dragones de mar*. Crítica. [Año de publicación en inglés 1983].



TITANES EN LA SOMBRA: Warner Clyde Allee y la selección en beneficio del grupo

Vamos a retroceder hasta el siglo XVII. [George Fox](#), hijo de un burgués del sector textil de Leicester (Inglaterra), fue el fundador de una de las ramas más extrañas del cristianismo. Durante su vida, predicó un pacifismo y no violencia radicales y un retorno al cristianismo arcaico, incitando por tanto, a la vida austera, tranquila y deplorando las riquezas y desigualdades. Además, nunca estableció un culto estricto y recto en el cual los seguidores de este dulcinismo reconvertido, cosa que ha permanecido en el tiempo y que ha permitido mantener a la corriente religiosa un progresismo inusitado dentro del cristianismo. Fox, en uno de los múltiples juicios en los que se vio inmerso por su actividad religiosa y por la defensa de los más pobres, aseveró ante el juez “que tiemble en la palabra del señor” en todos vosotros y, para gloria de la historia de las burlas, el juez de turno llamándolo, a él y a sus seguidores, Quakers, o “los temblorosos”. Efectivamente, George Fox fundó la rama cristiana de los [Cuáqueros](#). Es importante conocer que esta rama cristiana se trasladó a los EE.UU, junto con las otras ramas cristianas con problemas en la Europa del siglo XVII, y formaron comunidades más o menos cerradas, al igual que las otras ramas cristianas, en el nuevo mundo. En estas comunidades, como han destacado numerosos sociólogos, entre ellos **Max Weber** en su clásico estudio sobre el protestantismo y el capitalismo, primaba la cooperación entre los componentes de la comuna que, en pocas ocasiones, formaban grupos familiares consanguíneos.



Pero, ¿Por qué empezar un ensayo sobre biología con el fundador de los Cuáqueros?

Hoy hablaremos de **Warder Clyde Allee**, uno de los biólogos evolucionistas más importantes del siglo XX y, también, un cuáquero convencido. Cuando escribía ciencia, lo primero que solía hacer Clyde Allee era declarar que era cuáquero y que, si bien tomaba la perspectiva de la ciencia objetiva (oxímoron), el tenía unas ideas que, intentaría, no modificarían en sustancia los resultados de sus experiencias. Por ejemplo, cuando en plena 2ª Guerra Mundial escribía un artículo sobre el origen biológico de la guerra, encabezó su escrito de la siguiente forma:

“Es necesario aclarar que el presente análisis se hace desde el punto de vista objetivo de la ciencia. No obstante, debo advertir a los lectores que largas reflexiones sobre los problemas conexos me han obligado a adoptar como individuo una posición pacifista algo radical”
(1).

Un cuáquero pacifista radical y creyente en las bondades de la cooperación se puso manos a la obra para investigar la naturaleza de la cooperación animal y el altruismo. Nacido en 1885, Allee creció en una de estas comunidades cuáqueras donde recibió la educación que le permitió estudiar y cursar el doctorado en zoología en la recientemente fundada Universidad de Chicago. Su esposa, también cuáquera, fue una prolífica escritora de literatura infantil. Este don de su esposa, permitió a Allee tener una de las prosas más asequibles dentro del mundo científico. En 1921 pasó pertenecer al departamento de zoología de la Universidad de Chicago, y allí permanecería más de 30 años, y fue desde esta atalaya escribió sus trabajos más destacados. Fue uno de los fundadores de la Ecología, término acuñado en 1869 por el eminente embriólogo alemán **Ernst Haeckel** y, como



ecólogo formado en los años 20, Allee centró su eje investigador en la ecología de los diferentes organismos más que en la evolución del propio organismo. Comenzó sus estudios, precisamente, abordando la fisiología y ecología de los “conglomerados animales” para ver si, efectivamente, se producía cooperación o no (su definición de cooperación podríamos asimilarla a la definición evolutiva de altruismo). Pensaba que, en los casos de escasez de población, los pequeños grupos resultantes no podrían hacer frente a las inclemencias del medio y perecerían y que, por tanto, debería existir algún mínimo de colaboradores dentro de un grupo para que la situación fuera provechosa. Clyde Allee estaba desafiando al mismísimo Malthus en una época en la que triunfaban en toda Europa sus tesis (La expresión “supervivencia de los más aptos” se popularizó dentro del mando Alemán durante la 1ª Guerra Mundial). Su obra más célebre, “*Animal aggregations: A study in general sociology*”, escrita en 1927, recopilaba todos los experimentos que Alle había realizado sobre esos “conglomerados”. Comentaremos brevemente 2 de sus experimentos más conocidos que aparecen en la obra que resume, en todos los aspectos, la carrera de Warder Clyde Alle (2):

El primero de todos ellos consistía en someter a estrés hídrico a diversos individuos del grupo de los isópodos. Como animales acuáticos, pierden constantemente su balance hídrico al someterse a la desecación del aire. Allee quería saber si esta desecación (que podía producirse, por ejemplo, en pequeñas charcas costeras o en charcas temporales, en isópodos dulceacuícolas) variaba en función de si el isópodo se encontraba solo o acompañado. En otras palabras, Allee se preguntaba si la probabilidad de supervivencia de un isópodo cuando está sometido a estrés hídrico se incrementa cuando la sufre en grupo. Para ello sometió a estrés hídrico a los isópodos colocándolos sobre tiras de papel absorbente y midiendo la tasa de pérdida de agua corporal. Dispuso a los isópodos en 2 grupos: 10 isópodos



solitarios y 10 grupos de isópodos. Al cabo de 8 horas, aproximadamente, los 10 isópodos solitarios habían muerto por falta de agua mientras que los 10 grupos de isópodos continuaban manteniendo, en todos sus componentes, un estado óptimo de hidratación. Concretando, en los isópodos que estaban en grupos, los individuos habían perdido, en promedio, el 16% de su peso corporal, mientras que los malogrados isópodos individuales sobrepasaban el 40% de pérdida.

El segundo experimento se centraba en la supervivencia de los individuos ante posibles tóxicos. En este caso, Allee eligió una solución de plata, y como animal de investigación escogió al género de platelmintos *Convoluta*. Realizó una prueba similar a la anterior: 10 grupos de platelmintos contra 10 platelmintos solitarios. Los individuos solitarios morían en menos de un día, mientras que los grupos aguantaban 48 horas. Más de 15 años después de la publicación de su obra magna, **Sewall Wright**, uno de los responsables de la síntesis moderna de la teoría evolutiva, o neodarwinismo, modelizó la selección favorecida a nivel de grupo. Con sus modelos se podía predecir que, aquellos grupos con mayor proporción de cooperantes mantenían poblaciones más elevadas que los formados por no cooperantes. Allee no pudo más que apoyar a Wright.

La pregunta que surge, después de conocer someramente algunos aspectos de la vida de Warder Clyde Allee, es evidente ¿Estaba siendo Allee parcial al interpretar así sus resultados? ¿Se estaba dejando llevar por su ideología cuáquera? La Respuesta no puede ser otra que una moderada afirmación. Afirmación porque es un hecho que una concepción tan cooperativa de la naturaleza humana debe presentar vasos comunicantes con la investigación general que uno realiza en la naturaleza, y moderada porque parece que muchos autores están empeñados en hacer afirmaciones rotundas de este tipo solo cuando se trata de autores que tenían, o tienen, ideas diametralmente



opuestas al paradigma establecido. **Lee Alan Dugatkin**, por ejemplo, en su obra sobre la la búsqueda científica del altruismo (3), destaca que Allee o Kropotkin fueron hombres que no supieron separar adecuadamente ideología y ciencia, mientras que Haldane, Fisher o Hamilton, todos favorables a una explicación ortodoxa de la evolución del comportamiento altruista, supieron separarlo o, directamente, no tenían ideología.

Todos tenemos ideología, incluso el apolítico **Hamilton** (según Dugatkin). De hecho es, cuanto menos sorprendente, que Dugatkin escriba: “*A diferencia de Kropotkin, Huxley o Allee, parece que Hamilton no tenía inclinaciones filosóficas, políticas o religiosas que influyeran sobre sus opiniones*” para, acto seguido, escribir:

“Desde luego, su imagen del mundo no era sentimental, no lo veía como un lugar donde abundara el altruismo e incluso sostuvo algunas opiniones polémicas sobre la eugenesia y llegó a proponer el infanticidio en el caso de bebés gravemente discapacitados” (4).

¿Alguien comprende semejante despiste en un investigador tan laureado como Dugatkin? Nosotros, desde luego, no pero compartimos su análisis sobre Allee. Era un hombre que buscaba justificación de sus convicciones éticas en la naturaleza. Pero el hacía algo que pocos científicos de la época, y de la actualiza, hacen (por diferentes motivos): declarar su ideología sinceramente para que, el lector, pueda formarse una idea sobre los puntos débiles del propio autor. ¿Habló alguna vez William D. Hamilton sobre sus tendencias eugenésicas cuando escribió sus históricos artículos sobre la selección por parentesco? ¿Habló alguna vez el eminente Richar Dawkins de su predilección por el socialliberalismo en el prefacio del “*Gen Egoísta*”?

La biología, sobre todo una ciencia histórica como es la evolución, tiene todavía mucho que aprender de las ciencias sociales.



REFERENCIAS:

1. W. C. Allee (1940). Concerning the biology of war. *Warder Clyde Allee Papers*, Special collection, University of Chicago. Citado por L.A. Dugatkin (2007) en *Qué es el altruismo: la búsqueda científica del origen de la generosidad*. Katz Editores.
2. W. C. Alle (1927). *Animal aggregations: A study in general sociology*. Citado por L.A. Dugatkin (2007) en *Qué es el altruismo: la búsqueda científica del origen de la generosidad*. Katz Editores.
3. L.A. Dugatkin (2007) en *Qué es el altruismo: la búsqueda científica del origen de la generosidad*. Katz Editores. p. 84-85.
4. L.A. Dugatkin (2007) en *Qué es el altruismo: la búsqueda científica del origen de la generosidad*. Katz Editores, p. 167.



TITANES EN LA SOMBRA: Ivan Wallin y la “antítesis” de la Teoría Evolutiva

Friedrich Hegel decía que la historia era un proceso evolutivo cuyo motor residía en las interacciones que se establecían entre 2 ideas que se encontraban simultáneamente en el mismo tiempo histórico y que, siempre, eran ideas contrarias; contrapuestas en todos los sentidos (la “tesis” era una de las ideas y la “antítesis” la idea contraria). Esta forma de ver la historia es considerada por numerosos historiadores como uno de los 4 paradigmas universales dentro de esta disciplina (1). Es, dentro de estos paradigmas, el más reciente (los otros tres son **San Agustín**, **Vico** y **Voltaire**) y, por tanto, es el más influyente o, al menos el más conspicuo, en la historia contemporánea. Hegel no proponía nada espectacular. Prácticamente todo ser humano tiende a simplificar su realidad dicotomizando el mundo que le rodea: buenos y malos, religiosos y ateos, occidente y oriente, etc. La idea nueva era que la historia era un **proceso evolutivo** y que, además, estaba guiada por este motor dicotómico basado en la interacción mutua de las dos ideas o “dialéctica”. Para Hegel, cuando esta interacción entre una idea y su contraria llegaba al climax, se producía un avance en la historia; una evolución. Es lo que denominó “síntesis”. Nosotros también simplificaremos la realidad, solamente como método heurístico, y veremos cómo algunas partes de la **historia de la ciencia** también pueden verse bajo el prisma planteado por Hegel.

Charles Darwin escribió la primera edición de su histórico



“*On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*” (algo así como “El origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida”) en 1859. La idea fuerza que presentó Darwin era tan novedosa como sencilla, pero poseía una fuerza histórica monumental: aquellos organismos que consigan dejar más descendientes, se verán más representados en la siguiente generación y, por ende, sus tipos prevalecerán sobre los que no consigan dejar tantos descendientes. Estos organismos que dejan más descendientes serán los considerados “más aptos”. Posteriormente **T.H. Huxley** dotó a esta idea-fuerza de un contenido malthusiano superior, definiéndola como la “lucha por la supervivencia de los más aptos”. Darwin nunca llegó a tal extremo (2). Como se ha dicho, esta fuerza matemática que hacía que los individuos que tenían más descendencia prevalecieran porque competían mejor por los pocos recursos disponibles, constituía lo que Darwin denominó “**selección natural**”. He aquí la “tesis”.

La “antítesis” la representaban todos aquellos que no creían en la selección natural como fuerza creadora de especies o, al menos, no en que fuera una fuerza mayoritaria como proceso generador. Muchos no estaba de acuerdo con el principio de competencia entre individuos como, por ejemplo, los miembros de la ya citada “Escuela rusa de la Evolución”, con **Kressler** y **Kropotkin** a la cabeza (ya escribimos un ensayo acerca de Kressler y su principio de “ayuda mutua”, cf. 3), que negaban la preeminencia del principio de competencia como mecanismo rector de la selección natural porque en todas sus observaciones a lo largo y ancho del Imperio ruso este fenómeno de competencia se producía en muy raras ocasiones, siendo el proceso más común la cooperación o “ayuda mutua” entre individuos para poder luchar contra un medio ambiente tan duro. No negaban el principio de selección natural, sino que negaban que el mecanismo que



producía la selección natural fuese la competencia. Otro grupo de naturalistas si negaba expresamente la primacía de la selección natural como mecanismo productor de especies y propusieron otras formas mediante las que se podía producir la evolución. La historia de esta heterodoxia es muy larga y comienza con los primeros evolucionistas previos, incluso, a Darwin, como el propio abuelo de Darwin, **Erasmo Darwin**, o el gran zoólogo francés **Jean-Baptiste Lamarck** con su principio de “herencia de los caracteres adquiridos” y “fuerza intrínseca de la naturaleza a incrementar la complejidad de los organismos”. Pero hoy vamos a hablar de un heterodoxo importante en nuestra actual visión de la teoría evolutiva, pero prácticamente desconocido. Fue coetáneo de los responsables de la síntesis moderna de la teoría evolutiva (o neodarwinismo) como **Fisher** o **Sewall Wright**, y creía que había una fuerza mucho más intensa, y todavía por descubrir, que empujaba el cambio de la especies y la evolución. Hoy vamos a hablar de **Ivan Emmanuel Wallin** y la endosimbiosis como mecanismo productor de especies. El fue el primero en encender la antorcha y, posteriormente, **Lynn Margulis** conseguiría que una simple llama prendiera toda la “tesis” de la selección natural y empujara la dialéctica “selección natural-otros mecanismos de evolución” hacia una “síntesis” mucho más completa y capaz de explicar convincentemente la evolución de los seres vivos.

Wallin nació el 22 de enero de 1883 en una pequeña comunidad agrícola de Staton (en Ohio, EE.UU). De padres suecos emigrados debido a las crisis económicas que asolaron Europa en los años 40 y 50 del siglo XIX (además de los numerosos procesos revolucionarios). Mostró dotes intelectuales desde sus primeros años y, pese a colaborar en la granja familiar, pronto fue dejando paso a su educación, primero en el *Augustana College* de Illinois y, posteriormente ya como universitario, en la Universidad de Princeton y en la Universidad de Iowa, donde terminó sus estudios universitarios en 1905



para, posteriormente, trasladarse a la Universidad de Nebraska y conseguir, allí, sus estudios especializados en biología. Esto último le llevó 3 años. Pero Wallin sentía que no podía dedicarse en cuerpo y alma a la investigación científica. Necesitaba compartir sus conocimientos, charlar con la gente, sentir el fragor de la sociedad palpitando bajo sus dedos y es por ello que se propuso ser profesor. Así que durante los tres años que estuvo especializándose en Nebraska, impartió clases, tanto particulares como universitarias, de biología que no dejaría de dar hasta obtener el grado de Doctor en anatomía por la Universidad de Nueva York en 1915. Su tesis es todo un ejemplo del tipo de trabajo multidisciplinario que se estilaba en la época; lejos de toda especialización reduccionista y de estrecha mirada. Versó sobre el desarrollo embrionario, formación de tejidos y morfología de los adultos de un grupo muy particular de cordados (tipo o “phyla” del cual forman parte todos los vertebrados y algunos grupos afines a ellos con un mismo origen evolutivo), los petromizontes o, más popularmente, conocidos como lampreas.

Este título le permitió convertirse en 1918 en profesor titular de la Escuela Universitaria de Medicina de Colorado y demostrar sus dotes como maestro en una de las instituciones punteras del momento en anatomía. Pero Wallin, como todo genio deseoso de calentar la sociedad, no fue un maestro al uso. Existe una anécdota que circula sobre sus clases de anatomía (4). Parece ser que sus métodos eran extremadamente heterodoxos. Lo más habitual en una clase de anatomía en los años 30 es que el profesor entrara y estuviera una, dos o infinitas horas impartiendo una clase magistral y que, solamente, una o dos veces al año se pudiera asistir a demostraciones prácticas, disecciones de cadáveres, etc., pero Wallin entraba en sus clases directamente con un cadáver y comenzaba a realizar las disecciones sin dirigir palabra a los estudiantes y, cuando la disección estaba ya bastante avanzada, lanzaba preguntas incómodas y de alta dificultad a



sus estudiantes dejándolos paralizados. Aquellos que no contestaban correctamente (o simplemente no contestaba) recibían una contundente palmada en el pecho. Pero esto era dentro del aula. Fuera, Wallin cambiaba por completo y, de sargento, pasaba a colega de bar en dos microsegundos. Se ha llegado a decir (4) que organizaba fiestas para sus alumnos, donde el alcohol y la comida corrían de su parte y que, por este motivo, y en compensación por toda la diversión recibida, sus propios estudiantes le construyeron una cabaña en la zona cercana a Chicago en la que residía (la pequeña localidad de Boulder), donde siguieron celebrando fiestas del “Club de Wallin”, con bebidas de alta graduación y comida sueca.

Tras este maestro, que sería recordado por innumerables generaciones de alumnos de anatomía, se escondía un gran científico e imaginativo teórico. Fue el primer investigador interesado por el origen evolutivo de las mitocondrias (**Merezhkovski** sufrió un interés parecido por los cloroplastos y, junto con Wallin, conformaron el bagaje empírico y teórico que ayudó a Lynn Margulis a configurar su “Teoría Endosimbiótica”. La vida de Merezhkovski fue mucho más dramática y escabrosa pero, este tema lo dejaremos para más adelante). En 1922 apareció publicado un artículo en el cual exponía los avances que él mismo había implementado en técnicas para la tinción de células bacterianas y, demostraba en el artículo, éstas técnicas teñían de igual manera, e igual de eficientemente, las mitocondrias. En ese mismo año, publicó otro trabajo donde reforzaba estas observaciones y las extendía al mundo de las cianobacterias (entonces llamadas algas verde-azuladas) y las algas verdes. Razonaba así (la traducción es propia):

“las bacterias y mitocondrias tienen una constitución química similar” (5) (...) “A partir de la evidencia que se ha registrado [en sus trabajos], junto con la evidencia que se puede encontrar en la literatura mitocondrial, el



autor no puede llegar a otra conclusión: las mitocondrias son bacterias simbióticas en el citoplasma de las células de todos los organismos superiores cuya simbiótica existencia tuvo su inicio en los albores de la evolución filogenética. La concepción encarnada en esta conclusión presupone que el establecimiento de nuevos complejos simbióticos es coexistente con el desarrollo de nuevas especies.” (6)

En este párrafo tenemos condensado lo que hemos llamado anteriormente "antitesis" de la evolución por selección natural. Wallin propone que “*el establecimiento de nuevos complejos simbióticos es coexistente con el desarrollo de nuevas especies*”. No es que Wallin rechace la selección natural, sino que pone sugiere, como mecanismo generador de variabilidad, los “*complejos simbióticos*” y la selección natural podrá escoger entre los mejor cohesionados y contribuir, así, al “*desarrollo de nuevas especies*”. El siguiente paso que realizó en sus investigaciones sobre el origen evolutivo de las mitocondrias es todo un ejemplo sobre cómo proceder en ciencia para cimentar sólidamente los descubrimientos que se van haciendo. Wallin solamente había encontrado pruebas circunstanciales que, si bien apuntaban en una dirección, era necesario responder una serie de preguntas antes de poder hacer afirmaciones de forma menos hipotética. Si realmente las mitocondrias fueran organismos simbióticos al estilo de, por ejemplo, las algas y los hongos que, juntos, constituyen ese grupo de organismos denominados líquenes, al igual que con estos organismos, se debería de poder separar la célula y la mitocondria y que, de alguna manera, ambas entidades sobrevivieran separadas. Y a ello que Wallin se dedicó desde 1922 hasta 1927. Fracásó en sus primeros intentos de cultivar mitocondrias separadas de las células pero, finalmente, consiguió aislarlas del hígado de embriones de conejos. Estos resultados los publicó en 1924, reafirmandose en sus hipótesis y concluyendo de esta manera el artículo:



“las mitocondrias son, en realidad, organismos bacterianos, simbióticamente combinados con los tejidos de los organismos superiores.” (7)

Siguió investigando la relación mitocondria-célula animal con una serie de artículos (9 en total) publicados hasta 1925 y, en 1927, publicó la obra por la cual sería recordado y que tanto inspiraría a Lynn Margulis: “Simbiogénesis y el origen de las especies” (8). Pero de nada le sirvió todo este trabajo. En la década de los años 20 se estaba configurando la nueva síntesis de la teoría evolutiva o “neodarwinismo”. En 1924 **J.B.S. Haldane** escribió su obra magna en temas evolutivos, *A Mathematical Theory of Natural and Artificial Selection* donde la genética mendeliana recientemente redescubierta pasaba a formar parte del mecanismo explicador de la evolución, tanto de caracteres físicos y morfológicos, como de los comportamientos animales y humanos. Gracias a los estudios sobre *Drosophila melanogaster* fomentados por la versatilidad en el laboratorio de este pequeño díptero, **Ronald Fisher** compuso *The Genetical Theory of Natural Selection* en 1930. Y en 1918 había publicado un trabajo matemático sobre las leyes de Mendel aplicadas a la evolución de caracteres morfológicos. Y algo antes, **Sewall Wright** y **Theodosius Dobzhansky**, también contribuyeron a establecer al gen y la mutación como factores explicativos de la evolución. Con esta síntesis teórica acaecida en la década de los 30, la genética de poblaciones (disciplina que busca conocer la frecuencia de los diferentes tipos o “alelos” de cada gen existentes dentro de una población) se equiparó a “**explicar la evolución**”: ver cómo cambian las frecuencias de ojos blancos y ojos negros en una población de moscas era explicar el cambio evolutivo a través del tiempo. Éste era el paradigma dominante en ésta década e Ivan Emmanuel Wallin se dio de bruces contra él. Se burlaron de sus experimentos, le acusaron de manipular los datos y de que sus cultivos se habían contaminado. Nadie intentó replicar sus



resultados. Él siguió defendiendo sus tesis hasta que murió en 1969. Solamente hacia el final de su vida, en 1967, pudo verse en parte resarcido con la publicación de el célebre artículo de Lynn Margulis *On the Origin of Mitosing Cells*, rechazado por 15 revistas y, finalmente aceptado por *Journal of Theoretical Biology*.

Pero hay una cosa que tenemos que tener clara: una cosa es que la comunidad científica rechazara la hipótesis de Wallin porque sus resultados suscitaban ciertas dudas razonables y otra, muy distinta, es rechazarlas, simplemente, porque no encajan en el paradigma científico del momento ¿Qué es más probable que ocurriera en este caso? Hay algunos hechos que nos invitan a pensar que la hipótesis sobre el paradigma “dominador” es más plausible que un rechazo por “duda razonable”. En primer lugar, es cierto que es muy difícil cultivar mitocondrias por separado. El 90-95% de las proteínas necesarias para el correcto funcionamiento de las mismas son sintetizadas por el núcleo celular pero, ¿Cómo podían saber esto en 1930 si el DNA mitocondrial fue descubierto en 1963 por **M.M.K. Nass** y **S. Nass** (9)? No podían ningún dato empírico que indicara que las mitocondrias fueran parte dependiente de las células, solamente sus prejuicios. Además, este descubrimiento [del DNA mitocondrial], en el contexto de los experimentos de Ivan Wallin, hubiera aportado más munición en favor de su hipótesis. Solamente en décadas posteriores descubriamos que la mayor parte de los genes esenciales para las mitocondrias habían sido transferidos hasta el núcleo. En segundo lugar, hasta las publicaciones de **Lynn Margulis**, nadie fue capaz de retomar esta idea y realmente comprobar si Wallin estaba en lo cierto. ¿Por qué nadie reparó en la evidente similitud morfológica y química entre bacterias y mitocondrias que tan magistralmente había mostrado Wallin con los rudimentos de la época? Si a nadie le interesaba, puede que eso muestre hasta que punto estaban convencidos de las bacterias y las mitocondrias no tenían nada que ver, y esto solo puede



entenderse bajo un paradigma tan acaparador como el del "neodarwinismo": la única fuente de variación es la mutación y la variación de los diferentes tipos de genes derivados de estas mutación es la evolución. ¿Qué es la simbiosis para un neodarwinista? Una acoplación cooperativa de mutaciones. Tuvimos que esperar 40 años para recuperar, dentro de la teoría evolutiva, esta hermosa palabra y demostrar fehacientemente que la simbiosis es un modo más para generar especies y, lo que es más importante, ha estado involucrada en uno de los saltos más alucinantes que ha dado la vida en este planeta: el surgimiento de la célula eucariota gracias a las simbiosis de bacterias, vamos a llamarlas "tipo mitocondria" y "tipo cloroplasto", con otras bacterias. Parece ser que las últimas evidencias vuelven a darle la razón a la siempre discutida Lynn Margulis y muestran como el núcleo de la célula eucariota también pudo deber su origen a la simbiosis (10).

Llevamos más de 200 años de lucha dialéctica entre "tesis" y "antítesis". Parece querer vislumbrarse el advenimiento de una "nueva síntesis" (y no un cierre en falso como el que tuvo la biología en los años 30) donde la mutación, la simbiosis, la endosimbiosis, la deriva genética, los nuevos planteamientos sobre cambios que afectan a los patrones de desarrollo embrionario (que en la jerga del gremio se denomina "Evo-Devo"), la transmisión horizontal de genes, el equilibrio interrumpido, la macro-evolución, la selección más allá del gen y del individuo, etc., cobran importancia y sirven para explicar la inmensa mayoría de hechos, sin tener que recurrir a argucias lógicas con poca base empírica. Por ejemplo, y que sirva a modo de conclusión: durante mucho tiempo hemos pensado que la evolución actuaba gradualmente porque, simplemente, extrapolábamos lo que ocurría en la genética poblacional de ciertas poblaciones hacia atrás y hacia delante en el tiempo, y esto no ocurre necesariamente así, o puede ser explicado de otras formas no evolutivas. Son notables los trabajos



teóricos de **David Jablonski** y colaboradores en 1988 (que también pasaron desapercibidos para los neodarwinistas) donde se demuestra que los cambios morfológicos observados en especies fósiles de moluscos son perfectamente explicables por azar y no por una evolución direccional continuada hacia un menor tamaño (11).

REFERENCIAS

1. Mora, J. F. (1984). *Cuatro visiones de la historia universal: San Agustín, Vico, Voltaire, Hegel*. Alianza Editorial. 3ª Ed.
2. Gould, S. J. (2000) *Un estólido marrullero llamado Darwin: reconociendo las múltiples facetas del genio*. En “ Las Piedras Falaces de Marrakech”. Ed. Crítica, Col. Drakontos Bolsillo, p.183-195.
3. La Quimera de Gupta (Abril, 2015) *TITANES EN LA SOMBRA: Kessler y la ley de la ayuda mutua*. Disponible en <http://tumblr.co/Z9NI9l1hLENL8>
4. Eliot, T. S. (1971). Ivan Emanuel Wallin. 1883-1969. *The Anatomical record*, 171(1), 137.
5. Wallin, Ivan E. (1922). *On the nature of mitochondria. I. Observations on mitochondria staining methods applied to bacteria. II. Reactions of bacteria to chemical treatment*. American Journal of Anatomy **30** (2): 203–229. [doi:10.1002/aja.1000300203](https://doi.org/10.1002/aja.1000300203)
6. Wallin, Ivan E. (1922). *On the nature of mitochondria. III. The demonstration of mitochondria by bacteriological methods. IV. A comparative study of the morphogenesis of root-nodule bacteria and chloroplasts*. American Journal of Anatomy **30** (4): 451–471. [doi:10.1002/aja.1000300404](https://doi.org/10.1002/aja.1000300404)
7. Wallin, Ivan E. (1924). *On the nature of mitochondria. VII.*



The independent growth of mitochondria in culture media. American Journal of Anatomy **33** (1): 147–173. [doi:10.1002/aja.1000330108](https://doi.org/10.1002/aja.1000330108).

8. Wallin, I. E. (1927). *Symbiogenesis and the Origin of Species*.
9. Nass, M. M. K.; Nass, S (1963). *Intramitochondrial fibers with DNA characteristics: I. Fixation and Electron staining reactions*". *The Journal of Cell Biology* 19 (3): 593–611. doi:10.1083/jcb.19.3.593. PMC 2106331. PMID 14086138.
10. Ku, C., Nelson-Sathi, S., Roettger, M., Garg, S., Hazkani-Covo, E., & Martin, W. F. (2015). *Endosymbiotic gene transfer from prokaryotic pangenomes: Inherited chimerism in eukaryotes. Nature*, 524(7566), 427-432. **Aquí una pequeña reseña en castellano por el divulgador de El País Javier Sampedro:**
http://elpais.com/elpais/2015/08/19/ciencia/1440001134_537219.html
11. Bottjer, D. J., Droser, M. L., & Jablonski, D. (1988). *Palaeoenvironmental trends in the history of trace fossils. Nature*, 333(6170), 252-255.



EL DILEMA DE LA SALAMANDRA ITALIANA: Una pequeña historia sobre el cuidado parental en anfibios

Erase que se era una pequeña especie de salamandra de unos tres centímetros de longitud de habitaba las tierras del norte de la península itálica. Utilizaba lagunas con buena calidad de agua para desova y esperaba pacientemente a que su descendencia iniciara nuevamente el ciclo de la vida. Pero ocurría algo muy extraño. Parecía que este pequeño urodelo tenía un poder muy raramente observado dentro de su bastante prolija familia anfibia: podía decidir entre cuidar activamente los huevos recién puestos y, mantener este comportamiento hasta la eclosión de los mismos o, bien, simplemente mantenerse a la espera en la cercanía.

Estamos hablando de la salamandra endémica del norte de la península itálica *Salamandrina perspicillata*. Este tipo de comportamientos de cuidado de la puesta de huevos es bastante típico dentro de los anfibios pero, recordemos, existen tres divisiones taxonómicas dentro de los anfibios, a saber, Anuros (ranas), Urodelos (salamandras) y Gimnofionidos (unos anfibios tropicales de los cuales existen pocas especies, se le ve muy poco porque son edáficos, es decir, viven siempre dentro de la tierra, y tienen aspecto externo de una serpiente de piel algo húmeda y pegajosa), pero el comportamiento de cuidado activo de la puesta de huevos es extremadamente raro en los Urodelos (grupo anfibio al cual pertenece nuestra pequeña salamandra) y, dentro de la familia a la cual pertenece *Salamandrina* (que no es otra que la que lleva el propio nombre del género, Salamandridae)



solamente el 3,6% de las especie puede manifestarlo (1). Pero, lo más curioso, no es que manifieste el comportamiento, si no que pueda elegir según las circunstancias, entre 2 modos de comportamiento (que se sepa).

¿Qué circunstancias evolutivas hacen que una especie tenga en su “mochila de supervivencia” modos tan flexibles de actuación? ¿Qué factores medioambientales ponen en marcha el proceso de decisión por uno u otro comportamiento? **Andrea Boscherini** y **Antonio Romano** son dos investigadores del *Departamento de biología* de la Universidad de Roma que descubrieron la secuencia completa del comportamiento protector de la puesta de huevos por parte de la pequeña salamandra. En su artículo (1), se describe detalladamente el proceso (el estudio de un comportamiento completo, y las diferentes partes que lo componen, se denomina “etograma”), pero nosotros lo resumiremos brevemente:

1. En primer lugar, la ovoposición de las hembras suele producirse sobre el fondo de las lagunas o ramas de pequeño tamaño caídas en el fondo.
2. Cuando un depredador, por ejemplo las larvas de tricópteros, se encaran hacia los huevos, la hembra aparenta no inmutarse pero, cuando la distancia está entre los 4-5 centímetros, se produce lo que se denomina una “Estrategia de primera defensa”: generación de una corriente de agua mediante el movimiento corporal con la clara intención de hacer caer al depredador de la puesta de la masa de huevos.
3. *La Estrategia de segunda defensa* se produce si la primera no funciona. Consisten en, simplemente, empujar con la cabeza y la cola (Ver Fig. 1)



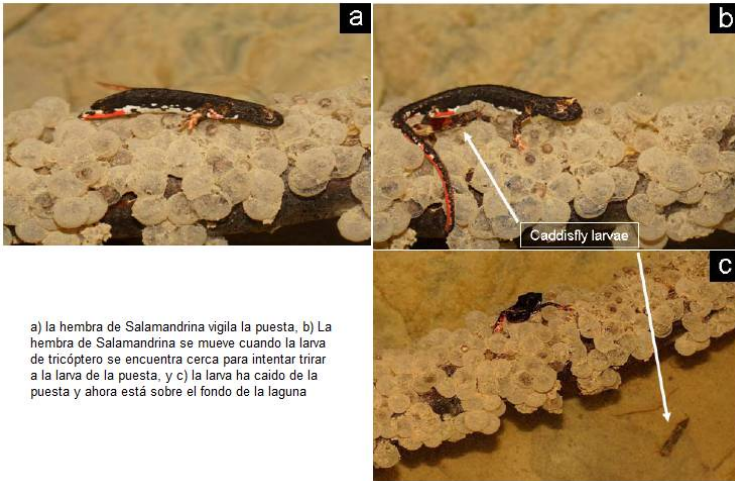


Fig.1. *Salamandrina perspicillata* exhibiendo el cuidado parental típico para conseguir la protección de sus huevos frente a depredadores, como en este caso, larvas de tricópteros.

Para las especies que son ovíparas, la depredación sobre estos huevos es una de las principales causas de mortalidad embrionaria. Esta es la clave de que un comportamiento de cuidado parental evolucione. El comportamiento tiene que, realmente, mejorar la esperanza de vida de los huevos. Desde aquí proponemos que, en aquellas lagunas donde aparezcan depredadores de huevos las hembras de la salamandra realizarán este comportamiento. En las lagunas donde no haya depredadores, o su presencia sea mínima, no lo realizaran. Esta premisa tiene potencial para convertirse en una regla general a comprobar empíricamente y, en cada caso, observar por qué no se cumple, qué relación tiene esto con la **regla de Hamilton** (2) y, si se diera el caso, replantearse el cómo evoluciona dicho comportamiento. Gracias a esta reflexión, y ya como conclusión, nos atrevemos a extraer otra conclusión: estas observaciones corroboran la hipótesis de



que el comportamiento de vigilancia de la puesta de huevos es la forma más básica y primitiva del cuidado parental (cuidado parental se refiere aquí exclusivamente a lo que **Crump** denominó en 1996 “comportamientos post-ovoposición, es decir, comportamientos que tienen lugar exclusivamente tras la puesta de huevos).

Es curioso, porque este tipo de comportamiento ha sido alcanzado independientemente en múltiples familias y órdenes de vertebrados e invertebrados. Cabe preguntarse ¿Realmente la regla de **Hamilton** es tan potente?

REFERENCIAS:

1. Boscherini, A., & Romano, A. Parental care in Salamandrina perspicillata (Amphibia, Salamandridae): egg defence against caddisfly larvae. *North-Western Journal of Zoology*, 7(1), 167-170.
2. La quimera de Gupta (Septiembre, 2015). *TITANES EN LA SOMBRA: Warder Clyde Allee y la selección en beneficio del grupo*. Disponible en: <http://tumblr.co/Z9NI9I1tA2mwB>



SÍSIFO, EL MUTUALISMO Y LA MIRMECOCORIA

El conocido mito de Sísifo cuenta la historia del que, según la mitología griega, fue el fundador de Éfira (conocida actualmente como Corinto, de donde vienen esas uvas pasas pequeñas y rojas). Sísifo fue puesto en el inframundo por Ares bajo custodia del dios que lo gobernaba, Hades, debido a su avaro, pícaro y cruel estilo de incrementar su riqueza y por encadenar injustamente a Tánatos. Su picaresca le llevó a hacerle prometer a su mujer, Mérope, que no realizaría el ritual habitual a los muertos cuando alguien era llevado al inframundo para, ya en el inframundo, quejarse de que Mérope no estaba cumpliendo con los deberes tradicionales y que, por tanto, debía regresar al mundo de los vivos para castigarla adecuadamente. Esto convenció a Hades y dejó volver a Sísifo al mundo de los vivos para que castigara a Mérope. Una vez hecho esto, debía volver pero, una vez más, Sísifo echó mano de su picaresca: no castigó a su mujer y se negó a volver bajo la custodia de Hades. Tuvo que ser Hermes, dios olímpico mensajero de las fronteras y los viajeros que las cruzan, de los pastores, de los oradores, el ingenio y del comercio en general, de la astucia de los ladrones y los mentirosos, el que lo llevara a la fuerza al inframundo. Allí, fue obligado a cumplir un castigo: empujar, una y otra vez, una piedra por una ladera muy empinada. Cuando llegara arriba, la piedra caería hasta abajo del todo y debería comenzar de nuevo.

Cuando uno reflexiona sobre esta historia mitológica, no puede parar de encontrar paralelismos en la vida cotidiana. Todos sabe-



mos que nuestras actos llevan consecuencias y, muchos de ellos, las llevan de por vida, sobre todo si nuestros actos no han sido precisamente bondadosos (por ejemplo, también podríamos describir la realidad político-económica de la Grecia de hoy en día mediante este mito) pero, en la naturaleza, también podemos observar paralelismos con este mito. Por ejemplo, la **mirmecocoria** es un tipo de dispersión de semillas de plantas bastante extendido globalmente (desde el punto más septentrional y oriental de Eurasia hasta Eurasia occidental y Australia) y que normalmente involucra a un insecto (casi siempre algún tipo de hormiga) y a una planta. Las hormigas, cuando encuentran las semillas, van cargándolas y transportándolas hacia sus hormigueros para volver a por más ¿No nos recuerda esto a Sísifo? Pero en la naturaleza nadie impone castigos. La relación interespecífica que involucra a 2 especies que se benefician mutuamente de esta relación sin que existe unión física entre ambas (para distinguirla de la simbiosis) se denomina mutualismo. Así que las “hormigas Sísifo” no están obedeciendo a ningún tipo de castigo, sino que “algo les dará la planta”. En este caso, las especies vegetales implicadas colocan un “regalo”; un cuerpo nutritivo con elevado contenido graso adosado a la semilla que recibe el nombre de **eleosoma**. El transporte de cualquier tipo de semilla, por cualquier medio, por parte de un animal, se denomina, de forma genérica, como **zoocoria**. Por tanto, la mirmecocoria sería un tipo particular de zoocoria. Toda relación mutualista necesita que ambos actores participen de forma positiva en la relación. Es por ello que, científicamente, es legítimo plantearse las siguientes preguntas para comprobar si estamos, realmente, ante un ejemplo de mutualismo: ¿Presenta algún efecto positivo sobre la hormiga la presencia de estos eleosomas en la semilla?, es decir, ¿realmente estamos ante un mutualismo o la planta “engaña” del alguna forma, atrayendo a las hormigas con un rico eleosoma que, ciertamente, no compensa energéticamente? Y por otro lado podemos



plantearnos ¿qué ventajas extrae la planta?

Gerriet Fokuhla y colaboradores (1) estudiaron la mirmecocoria en hormigas pequeñas. La mirmecocoria, normalmente, es más frecuente en especies grandes (género *Formica* y *Lasius* especialmente) que en especies pequeñas, y es fácil suponer porqué: el peso extra que supone el eleosoma dificulta que las especies pequeñas de hormigas saquen algo positivo del transporte de la semilla. Es por ello, que al centrar el foco en las hormigas de tamaño pequeño, se obtendrá una imagen más precisa (más fina si lo queremos) del equilibrio existente entre compensa/No-compensa transportar la “carga de Sísifo”. Los autores del estudio han escogido a una pequeña hormiga europea, *Temnothorax crassispinus*, de distribución bastante reducida (solo se ha encontrado en Hungría, Eslovenia y en las penínsulas itálica y helénica) que, entre otras plantas, transporta las semillas de *Chelidonium majus*, una especie oriunda de Europa occidental que crece en tierras nitrogenadas y antropizadas. Podemos decir que es, prácticamente, cosmopolita: se ha extendido a América por la acción de los colonos ingleses y está conquistando el mundo entero por su facilidad de crecimiento. Pertenece a la familia de las papaveráceas y, como es común en esta familia (el opio, o *Papaver somniferum* es el representante más conocido), es una planta productora de alcaloides que la hacen tóxica al consumo en grandes cantidades, pero de la que se pueden sacar numerosos principios activos con funciones potenciales múltiples (la *coptisina* tiene efecto citotóxico que explicaría, por ejemplo, su uso contra las verrugas, la *chelerythrina* que tiene acción anti-bacteriana sobre *Staphylococcus aureus* o, su principio activo principal, que es la *chelidonina*, un inhibidor de varios enzimas presentes en el sistema nervioso de los animales que es responsable de su efecto tóxico y sedante).

¿Cómo comprobar empíricamente los aspectos positivos que



obtiene cada especie de la relación mutualista? Gerriet Fokuhla y colaboradores, de forma magistral, muestran el ABC del método científico: La teoría debe ser operacionalizada en conceptos medibles y comprobables.





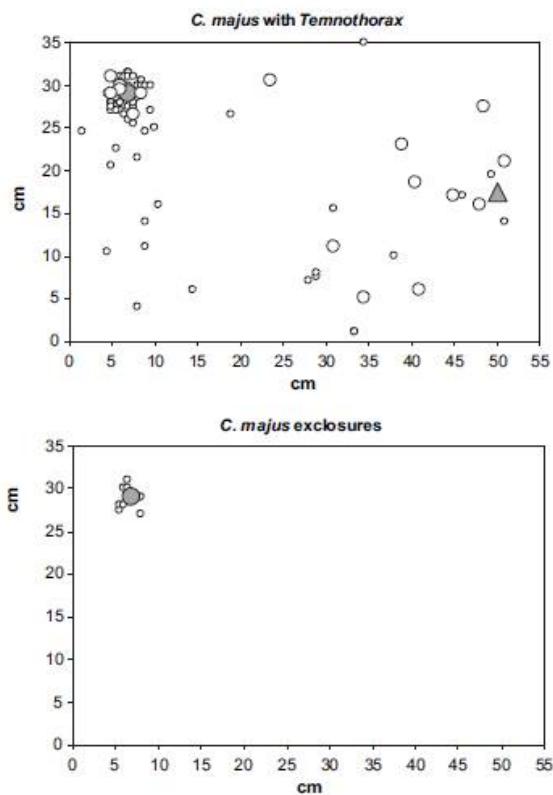
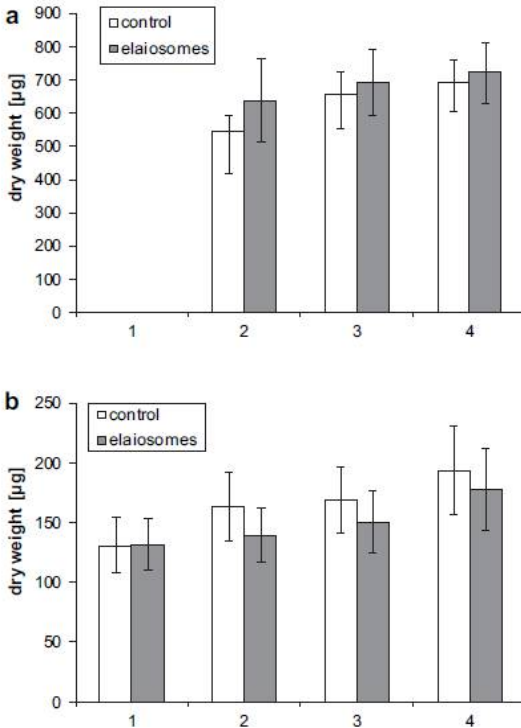


Fig. 1. Experimento de dispersión por mirmecocoria. Drch.) Semillas de *C. majus* en parcelas con *T. crassispinus* Izq.) Semillas de *C. majus* en parcelas sin *T. crassispinus* (los diferentes símbolos corresponden a 8 repeticiones en 8 parcelas).

Fig. 2. A) Experimento de alimentación a las larvas hembra con (blanco) y sin eleosomas (gris), B) Alimentación a larvas machos con (blanco) y sin eleosomas (gris). 1-4 son veces que se alimenta al día con eleosomas.





En este caso, la teoría es que ambas especies deben de salir agraciadas de esta relación, pero ¿Cómo pasamos de la teoría a la práctica (operacionalizar)? Los autores escogen como medida de “éxito mutualista” para la papaverácea la “distancia media de dispersión de las semillas”. *Chelidonium majus* tendrá razones para producir eleosomas si la distancia media de dispersión de las semillas se ve incrementada (la dispersión puede verse como algo positivo porque, el hecho de que las semillas no dispersen y queden todas cerca de la planta productora, a la larga implica una competencia entre los individuos, menores tamaños de planta y menor producción de semillas). Por el lado de la hormiga, los autores interpretan que la mejor forma de ver como afecta los eleosomas a su vida es, precisamente, medir el crecimiento de las larvas alimentándolas con/sin eleosomas.



En la figura 1 podemos observar la importancia del “fenómeno mirmecocórico” para la dispersión de las semillas de la paparveácea. Se observa que las parcelas en las que se han depositado semillas de la planta y existía presencia de la hormiga, la dispersión era de decenas o centenares de centímetros (el promedio dispersor es de 162cm), mientras que en las parcelas control, sin presencia de la hormiga, apenas se dispersaban unos cuantos centímetros (probablemente por efecto del viento o de la remoción del terreno por parte de vertebrados). Es por ello que parece que **si existe una ventaja para la planta** en la dispersión de las semillas.

En la figura 2 se muestra que existe una correlación positiva entre la producción de descendencia sexuada (medida en peso seco de la pupas sexuadas, fase inmediatamente anterior al adulto y en la cual se produce la metamorfosis completa de la larva) y la alimentación con eleosomas. Concretamente observaron que la producción de hembras, y el tamaño de las mismas, es superior cuanto más se alimenta a esa larva con el eleosomas. Es un efecto observado tanto para machos, como para hembras. En definitiva, la producción poblacional de las hormigas se puede ver incrementada por la alimentación con eleosomas.

Como vemos, es un caso de mutualismo de manual ¿Qué ocurriría si las hormigas no consiguieran alejar la semilla lo suficiente o si la planta no cargara con suficiente alimento los eleosomas? En eso consiste el mutualismo: si eres un tramposo y rompes la relación con demasiado asiduidad, la relación mutualista se viene abajo. Queda en manos del tiempo evolutivo ver si la “decisión” beneficia a los tramposos.

Algunas otras conclusiones del trabajo son interesantes. Los autores, apoyándose también en los resultados que ofrece la figura 2, no encontraron razones para un efecto del eleosoma sobre la diferen-



ciación de castas (al contrario que ocurre con la alimentación con jalea real en las colmenas de abejas). Sin embargo, en colonias de laboratorio, y dando que parece que los machos responden menos a esa alimentación por eleosomas, se observó un cambio en el ratio de la descendencia hacia **más hembras**. ¿Esto podría tener importantes consecuencias a nivel ecológico y evolutivo? Es un indicio solamente, pero parece que las zoocorias en general son muy importantes para comprender muchas de las adaptaciones presentes en la biota.

Por último los autores recuerdan que “*un eleosoma más grande no significa un eleosoma mejor*”, si no que hay que pararse a mirar la composición de los de cada especie porque esta varía, y no todos son igualmente nutritivos: algunos poseen hidratos de carbono, otros no poseen ácido oléico y linoléico (son esenciales: producidos por *Ulex minor* y *Ulex europaeus*, otros no poseen aminoácidos esenciales como), etc.

REFERENCIA

1. Fokuhl, G. Heinze, J. & Poschlod, P. (2012). Myrmecochory by small ants—Beneficial effects through elaiosome nutrition and seed dispersal. *Acta Oecologica*, vol. 38, p. 71-76.



LA TEORÍA CELULAR: Robert Hooke y el nacimiento de un concepto

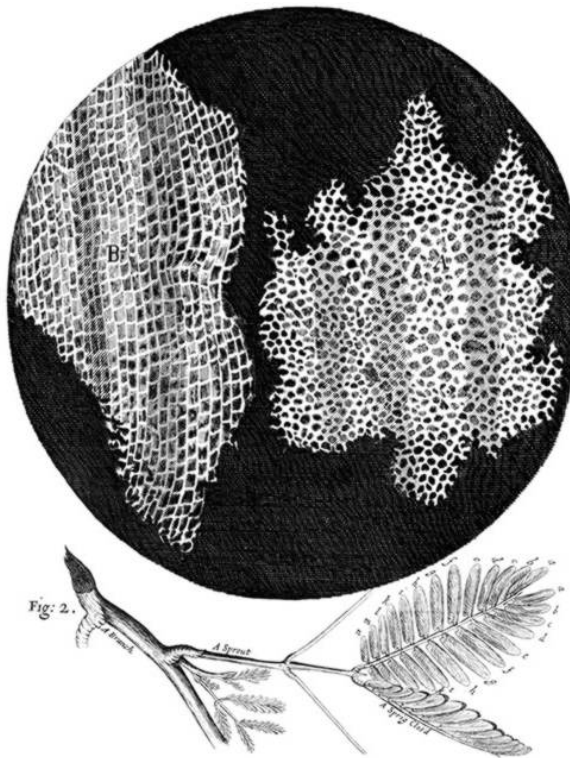


Figura 1. Esquema XI que aparece entre la página 114 y 115 del libro *Micrographia* de **Robert Hooke** donde se muestran los primeros “poros” o **células** descritas nunca como unidades constituyentes de la materia viva (1).

La historia de los descubrimientos sobre lo que hoy en día damos por supuesto es una de las disciplinas más interesantes en las que uno se puede sumergir. Proporciona una visión de la ciencia ac-



tual que, difícilmente podría adquirirse de otra forma. Los conocimientos que hoy damos por sentados fueron, en otros momentos, metas inalcanzables o, simplemente, conceptos por inventar. Hoy vamos a hablar de unos de esos conceptos y de el personaje que lo acuñó.

Cuando de una persona se dice que, “en cuanto a su persona no era más que despreciable; muy retorcido”, podemos esperarnos lo peor; esperar alguna historia sobre sociopatía o algún trastorno de la personalidad y, quizá, estemos ante uno de esos casos pero, como siempre ocurre cuando se habla de genios, ¿A qué prestamos más atención? ¿A las muchas deficiencias sociales que presentan muchos de los mejores científicos que ha dada a luz la historia humana o a las genialidades y complicaciones de su pensamiento? Obviamente, para tener una completa comprensión completa de cómo se gesta en una persona un determinado descubrimiento o, porque no, toda una teoría, hemos de tener en cuenta todos los aspectos de su vida. Cuando hablamos de **Robert Hooke**, hablamos de uno de los principales científicos del siglo XVII. Y quien habla tan educadamente, y sin aflicción de Hooke, es ni más ni menos que **Richard Waller**, otro gran científico y uno de los físicos más importantes de ese siglo responsable, entre otras cosas, de establecer el sistema tradicional de coloración o RYB.

Así que, conozcamos un poco más a Robert Hoole. Nace en 1635 en Freshwater, la capital de la pequeña isla británica de Wight, situada en el canal de la mancha. Siendo un adolescente, y gracias a los contactos de su acaudalada familia, consigue un puesto en la escuela de Westminster, en Londres, que le permite instruirse en el conocimiento de las lenguas clásicas, en música y en matemáticas. Cuenta la leyenda que fue capaz de dominar los 6 primeros libros del *elementos* de **Euclides** en tan solo una semana. Esto ya estaría mostrando la tremenda inteligencia queridos. Con 18 años, otra vez gra-



cias a la opulencia de su familia, y pese al fallecimiento de su padre, consigue una plaza como corista en la Iglesia anglicana, que honra a Cristo, de Oxford. Recibió una modesta dotación económica por el puesto pero, pese a no permitirle un tren de vida acorde con el de su familia, si que le pudo vivir acomodadamente y no depender de nadie para sus estudios. Allí, en Oxford, pudo empaparse del ambiente reactivo de la época; un tiempo en el que la *Royal Society* estaba en estado embrionario, y un lugar (Oxford) donde la mayoría de sus fundadores se formaron y a los cuales, **Robert Hooke**, tuvo la oportunidad de conocer y, con su vivaz naturaleza, motivarse para emprender actividades científicas. Durante sus estudios, conoció al químico ya mítico **Robert Boyle**, contribuyendo a los propios estudios de Boyle y perfeccionando la bomba de aire que pocos años antes había inventado **Otto Guericke** y que permitió a Guericke, a Boyle y a los físicos que vinieron posteriormente, realizar los primeros experimentos con el vacío y seguir expandiendo los conceptos de presión y materia.

En 1662 **Robert Hooke** accedió al puesto de *procurador de experimentos* de la recién fundada *Royal Society*; uno de los puestos que, con posterioridad, más prestigio daría a quien lo ocupara pero que, en aquel momento, se parecía más a un puesto de becario que a un investigador con todo el prestigio debido. El se encargaba de los experimentos que, semanalmente, realizaba la sociedad para sus socios y público selecto. Este puesto le permitió vivir en el *Gresham College*, manteniéndose cerca de los contactos científicos adecuados que hicieron posible que, en 1665, fuera nombrado profesor de Geometría en Oxford, pasando a ser el encargado de las observaciones astronómicas. Cuando su fama se incrementó, tras la publicación de *Micrographia* (1665), logró alcanzar en 1677, el puesto de secretario de la *Royal Society*. A lo largo de casi 40 años, sus estudios abarcaron una amplia variedad de Filosofía Natural. Hooke sugirió una teo-



ría ondulatoria de la luz en su *Micrographia*, comparando la propagación de vibraciones de luz a la de las ondas en el agua, sugirió en 1672 que las vibraciones en la luz podrían ser perpendicular a la dirección de propagación, investigó la naturaleza de los colores de forma contemporánea a Newton y se estableció la variación del patrón de luz con el espesor de las placas. Además realizó importantísimas contribuciones en el ámbito de la Historia natural, y es precisamente de este aspecto del que más nos interesa hablar.

En su obra *Micrographia* encontramos preciosos dibujos sobre todos los órdenes de artrópodos (libélulas, pulgas, escarabajos, mariposas, etc.), estudios detallados de la anatomía del ojo, tanto de insectos, como de invertebrados, nematodos, larvas, aparato bucal de artrópodos (picador-chupador, lamedor-chupador, etc.) y dibujos detallados de vegetales (frutos, hojas y corteza). Precisamente, en una de sus micrografías que aparece entre la página 114 y 115, en el esquema XI, es donde **Robert Hooke** dibuja lo que parecen pequeños compartimentos en un corte fino de corteza vegetal y, en la página previa, es donde termina llamando a esos pequeños compartimentos, **células**. Dice:

Estos poros, o células, no son muy profundos. Consisten en un gran número de pequeñas cajas que dividen cada una de las largas líneas de las que se compone la hoja – por ciertos diafragmas– , como es visible en la figura B [ver figura 1] (1).

Y **Hooke**, continúa hablando de estos “poros” o células, diciendo que es la primera vez que los ve, que lo costaban mucho de distinguir y que, según sus conocimientos, nadie antes los había visto:

Apenas los distingo. Son, de hecho, los primeros poros microscópicos que he visto, y tal vez sean los primeros



jamás vistos porque yo no he conocido a ningún escritor o persona que haya hecho mención de ellos antes
(1).

Hooke se da cuenta de la importancia de su hallazgo, pero no se queda solo en la descripción pura y dura. Atisba la importancia de su descubrimiento al decir que este corcho que él estudia está constituido por millones de estas células. Llega incluso a calcular cuantos millones de células por pulgada cuadrada hay en la muestra que está observando. Y se atreve a insinuar cual puede ser la función de estas estructuras:

[...] qué curiosidades tan prodigiosas son las obras de la naturaleza, que incluso estos poros conspicuos presentes en los cuerpos [vegetales], parecen ser los canales o tuberías por las que los jugos naturales de los vegetales se transportan, y parecen corresponder a las venas, arterias y otros recipientes en criaturas sensibles; que estos poros que digo, que parecen ser los vasijas de la nutrición para el cuerpo en el mundo, son sin embargo tan pequeños que superan a los átomos que Epicuro
(1).

No solo las células eran el constituyente principal de los vegetales (realmente esta hipótesis fue demostrada por **Matthias Schleiden** en 1838, pero **Hooke** no fue sino uno de sus precursores históricos), sino que además podían tener funciones similares a los vasos sanguíneos en los animales. Aunque pronto esta hipótesis fue demostrada falsa, no debemos juzgar las ideas desde el punto de vista actual, sino que deben estar contextualizadas en su contexto histórico y cronológico y valorarse en ese contexto. **Hooke** tuvo una intuición no demasiado desencaminada. Hay células vegetales especializadas en el transporte de sustancias nutritivas a través de las plantas. Lo que no podía llegar a intuir **Hooke** es que los animales también tene-



mos este tipo de celdillas y que son nuestros ladrillos principales (esto fue hipotetizado y demostrado por **Theodor Schwann** en 1839).

Hooke continuó investigando hasta el final de sus días. Falleció en Londres, en 1703 a causa de unas fiebres de origen desconocido.

REFERENCIAS

1. Hooke, Robert (1665). *Micrographia*, pág. 114.
[Disponible en facsimil online](#)



LA BIODIVERSIDAD AVIAR Y LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS: Pasos hacia una teoría de la diversidad

Todos hemos oído hablar de que una de las características morfológicas que más varía en las aves es el pico. Podemos encontramos con picos finos, picos gruesos, cortos, largos; picos curvados hacia arriba o hacia abajo, curvados lateralmente o picos donde, cada mandíbula, se tuerce hacia un lado. El ejemplo más estudiado de la literatura biológica, en lo que se refiere a la variación morfológica de los picos, es el conocido caso de “*Los Pinzones de Darwin*”: 15 especies de paseriformes fringílicos (actualmente clasificadas en 4 géneros distintos, *Geospiza*, *Camarhynchus*, *Cactornis* y *Certhide*), diferentes de los fringílicos europeos como el verderón, jilgueros, o caverneras (género *Fringilla*), y que constituyen, los 15 “*Pinzones de Darwin*”, un único linajes evolutivo (1).

Vamos a entrar directamente al grano: ¿por qué las aves presentan diferentes morfologías de pico? La respuesta es sencilla, pero nos va a permitir plantearnos cuestiones de mayor calado: la relación existente entre la morfología del pico y los recursos alimenticios a los que un ave puede acceder parece ser un motor evolutiva de primera. En otras palabras: no es lo mismo comer ricos manjares anélidianos escondidos bajo tierra, que romper el mesocarpo de una dura avellana o comer planc-



ton. El ejemplo de los “*Pinzones de Darwin*” muestra a la perfección este principio biológico. Para la deducción de este principio, partimos de los siguientes axiomas: I) La selección natural provocará supervivencia diferencial entre las morfologías de pico que menos aportes energéticos permitan obtener al ave ¿Os imagináis al “ánade real” intentando comer plancton con un pico delgado y endeble al estilo del “mosquitero común”? II) La morfología del pico puede analizarse bajo un prisma funcional, es decir, tanto la forma, como la longitud y la amplitud, no permite estimar las fuerzas que pueden soportar estas estructuras. En serio, no te gustaría nada que te diera un picotazo un “pico gordo”. Por último, III) de esta forma, podemos intentar inferir que tipo de alimentación, preferentemente, pueden obtener con esos picos.

¿Tener un pico con una morfología específica determina el tipo de comida de la que se puede alimentar un ave? Ya sabéis que el determinismo lleva a pocos lugares seguros y un par de ellos suelen ser el dogmatismo y el error. Hemos hablado del “mosquitero común”, un ave residente todo el años en la mayor parte de la península ibérica, muy pequeña (las tres cuartas partes de un “gorrión común”) y que tiene un pico mucho más endeble que el del gorrión. ¿Qué comerá esta gente? Como su propio nombre indica, se alimenta de artrópodos, fundamentalmente dípteros que puede entrapar gracias a su pico fino: menos superficie permite ser mucho más preciso ¿Podría un “cuervo” alimentarse de mosquitos? ¿Podría un “mosquitero común” alimentarse de semillas duras? El pico de ambos es completamente diferente, y **aquí viene lo importante, es dife-**



rente porque, en épocas difíciles, ser mejor en algo marca las diferencias. El “mosquitero común”, cuando las semillas más blandas se han acabado, solo podrá sobrevivir si caza dípteros cosa que, por ejemplo, un “gorrión común” no podría hacer. Entonces, nos podríamos preguntar:

¿Podríamos prever, a partir del conocimiento de los recursos presentes en un área, y teniendo en cuenta la estación del año (y cómo es esa estación en concreto en ese año), la composición ornitológica de esa área? ¿Se ha hecho algún estudio al respecto?



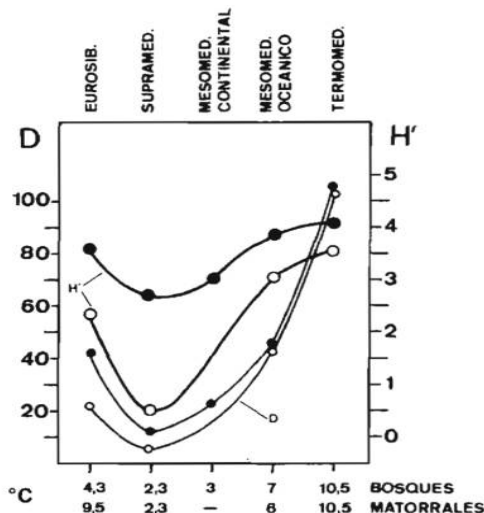


Figura 1. Relaciones obtenidas por Santos y Tellería (1985) entre la Diversidad (H'), la Temperatura (T) y el biotopo (Matorral y Bosque). Tendencias según densidad poblacional (D) y la diversidad (H') en 5 pisos bioclimáticos presentes en la península Ibérica (Euro-siberiano, Supramediterráneo, mesomediterráneo continental, mesomediterráneo oceánico y termomediterráneo) las temperaturas corresponden a la media de las temperaturas medias de los pisos climáticos.

He estado revisando alguna bibliografía clásica y he observado que, para intentar abordar un problema de conjunto como este, y al contrario que ocurre en muchas disciplinas biológicas, los diversos estudiosos han comenzado por intentar identificar los grandes patrones que sigue la distribución de las aves en función de variables medioambientales (que determinan en cierta forma la productividad de la zona) y de variables relacionadas con el tamaño vegetal (muy relacionadas con la productividad, pero también con otras variables como la posibilidad de encontrar refugios, lugares adecuados para la nidificación, etcétera).



Estas grandes asociaciones estadísticas entre ambiente, producción y *performance* biológica (cómo usan, en este caso, los picos las aves) han permitido trazar las guías generales y afinar, para cada especie, el óptimo de recursos. De este modo los ecólogos y ornitólogos han podido inferir para muchas especies, por ejemplo, a partir de qué cuantía de recursos un ave hiberna, o no, en un determinado lugar. Este objetivo no se ha completado, todavía, para todas las aves (y será complicado hacerlo más allá de ciertas hipótesis generales) pero sí se ha avanzado más en la consolidación y verificación de los patrones generales observados. Veamos algunos ejemplos:

Santos y **Tellería**, en 1985, analizaron los patrones de distribución de los passeriformes en la península Ibérica bajo el prisma de las 2 variables citadas anteriormente: **medioambiente** (concretamente temperatura) y **tamaño vegetal** (2). Estos autores afirman que los passeriformes pueden representar un caso general de los patrones que podríamos observar en el resto de aves, dada su diversidad (tanto específica o en número de especies, como de hábitats). En su trabajo encuentran una relación entre la composición de la comunidad de passeriformes en las áreas que estudiaron (representadas por su densidad poblacional “D” y su diversidad “H”) y la temperatura del área en cuestión, así como una variación significativa en función de la vegetación (ver Figuras 1 y 2).

Esto ya indica un primer nivel de aproximación, que si bien no determina qué especie, A o B, de passeriforme nos encontraremos según que temperatura o biotopo, si nos ayudaría a predecir o inferir biodiversidad y densidades poblacionales a gran escala en función de estas 2 variables: **Temperatura** y **Tipo de vegetación**.



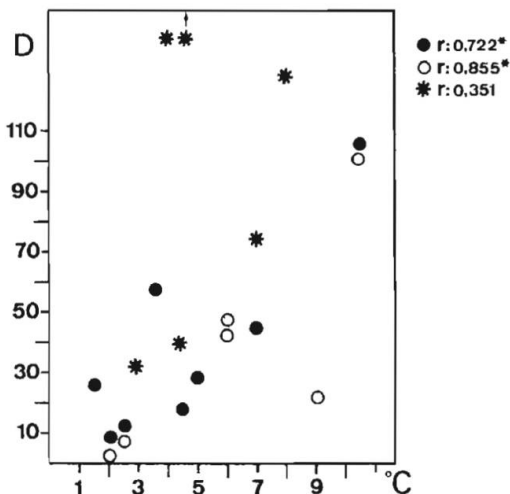


Figura 2. Los coeficientes de correlación obtenidos por Santos y Tellería (1985) para la densidad poblacional (D) y para la temperatura (T) en los tres grupos comunitarios estudiados por los autores: bosques (punto negro), matorral (punto blanco) y cultivos (asterisco negro).

La bibliografía algo más reciente destaca otra variable que podría explicar la variación poblacional de las aves en una determinada zona. Como asegura Herrera (3), se trata de la variación que se produce en la **producción de frutos** (Figura 3). Obviamente, este factor solo afectaría a aquellas aves que basan, de forma más o menos importante, su dieta en los frutos. Como el propio Herrera indica:

“Las variaciones estacionales en la abundancia y/o importancia relativa de los pájaros frugívoros que se producen en una determinada localidad están también relacionados con fluctuaciones estacionales en la disponibilidad local de frutos”.

Otros autores han intentado ir un poco más allá de la relación existente entre un grupo de aves y el medio que les rodea, y han in-



tentado establecer relaciones entre diferentes formas de *performance* (formas de usar una determinada parte del cuerpo, por ejemplo, el pico) y el medio, llegando a establecer **grupos funcionales de aves** que pueden responder como un conjunto ante cambios del ambiente. Por ejemplo, **Canterbury** y colaboradores (4), se han planteado unir grandes grupos de aves según cómo realizaban determinadas funciones vitales (la *performance* de la que hemos hablado más arriba). Propusieron unirlos en función de cómo realizaban el nido (eso los unificaría en torno al recurso que utilizan para elaborarlo), en función de qué se alimentan preferentemente, y en función de qué tipo de hábitat utilizan preferentemente. Sus observaciones les llevaron a concluir que esta última era la mejor clasificación ya que había una elevada probabilidad de encontrar a una especie definida, por ejemplo, como de matorral, en un hábitat como este, y muy pocas probabilidades de encontrarla en un bosque maduro. Esto iría en la línea de lo ya estudiado por **Santos** y **Tellería**, pero es más general. Tenemos un grupo de aves relacionadas según el tipo de hábitat, y por tanto, **podemos conocer los grupos de aves predominantes en una determinada región**. Hasta tal punto están relacionadas ambas variables (**grupo funcional de aves** y **ambiente**) que **Canterbury** y sus colaboradores han podido correlacionar índices de biodiversidad aviar e índices de biodiversidad vegetal, así como variables importantes que definen una determinada comunidad vegetal; por ejemplo, el área que un árbol/matorral consigue cubrir con su follaje. Estamos alcanzado un conocimiento que, si se nos permite la analogía, se asemejaría a conocer los indicadores macroeconómicos de un país para estimar su estado y evolución.



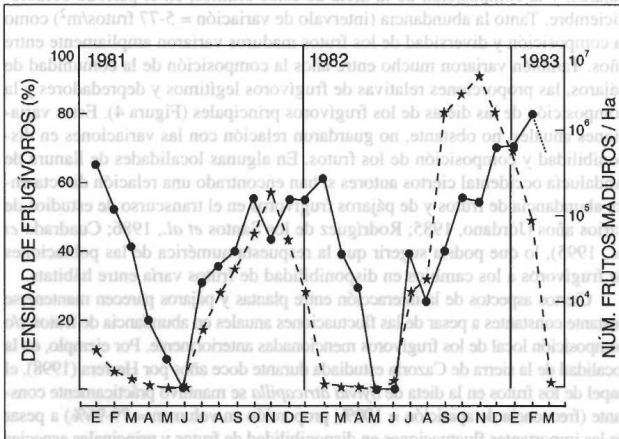


Figura 3. La importancia de los frutos como variable a tener en cuenta para prever distribuciones ya abundancias, según Herrera (2004).

Podemos concluir con está brevisima revisión bibliográfica con las siguientes ideas:

1. Es posible reconocer patrones de distribución aviar en función de factores del hábitat de una zona. La tarea es compleja. Parece que se ha de huir de intentar unir los recursos disponibles en una zona con la dieta de una determinada ave porque ,precisamente, estos las aves presentan una gran plasticidad fenotípica respecto a este carácter (Canterbury y colaboradores no obtenían un correlación significativa entre ambas variables).
2. Sin embargo, otros trabajos como el de **Andreas J. Helbig**, que se enmarca en una visión más determinista del comportamiento migratorio, ha mostrado que en el corto espacio de tiempo, la migración si parece tener un componente genéti-



co, obteniéndose que la descendencia de dos poblaciones de curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*) con orientaciones migratorias completamente opuestas, tiene una dirección migracional preferente intermedia entre las dos poblaciones progenitoras que se cruzaron (5).

Pese a ello, parece que son mucho más importantes otro tipo de recursos a la hora de que un ave tome la decisión de permanecer en un determinado hábitat. Podemos aventurarnos a conjeturar que, quizá lo que más determine la situación geográfica de un ave, sea aquello que sea menos variable fenotípicamente en una población. Ya hemos dicho que la alimentación parece ser bastante flexible. Por tanto sería un factor necesario, pero no suficiente para explicar la distribución. En cambio, podríamos imaginar que algo tan básico como la búsqueda de refugio ante depredadores, puede ser mucho más general en un mismo grupo funcional. ¿Se ha de abandonar la búsqueda de una generalidad a partir del comportamiento de cada especie? Quizá extraer correlaciones entre grandes grupos funcionales de aves y algunas variables que sean definitorias del hábitat será lo máximo a lo que podemos aspirar.

REFERENCIAS

1. Sato, Akie, et al. "On the origin of Darwin's finches." *Molecular Biology and Evolution* 18.3 (2001): 299-311.
2. Santos, T.; Tellería, J. L.. (1985) Patrones generales de la distribución invernala de passeriformes en la Península Ibérica. *Ardeola*, vol. 32, no 1, p. 17-30.
3. Herrera, C. M., et al. (2004) Ecología de los pájaros frugívoros ibéricos.
4. Canterbury, G. E., et al. (2000) Bird communities and habitat



as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conservation Biology*, vol. 14, no 2, p. 544-555.

5. Helbig, A. J. (1991) Inheritance of migratory direction in a bird species: a cross-breeding experiment with SE- and SW-migrating blackcaps (*Sylvia atricapilla*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, vol. 28, no 1, p. 9-12.



ESCUELA DE EVOLUCIÓN RUSA: Merezhkovski y las raíces de la naturaleza humana



Figura 1. Konstantín S. Merezhkovski

Martin Wright, un historiador y filósofo especializado en la historia de la ideología, distinguía tres sistemas de pensamiento en base a la naturaleza humana (1): los *realistas*, que pensarían que la naturaleza del ser humano es destructiva, egoísta, narcisista y compe-



titiva y que ésta no sería en ningún modo reformable o reeducable, los *racionalistas* que, al igual que los realistas, pensarían en que la naturaleza del ser humano no es buena pero, en cambio, ésta podría cambiarse mediante la educación para llegar a los propósitos de convivencia social deseados y, por último, los *revolucionaros*, partidarios de la educación del ser humano para alcanzar la convivencia social; para algunos la naturaleza del ser humano es contraria a los postulados de los realistas; otros coincidirían con los realistas y los racionalistas. Hoy veremos cómo las fronteras entre los tres esquemas de Wright se desmoronan cuando tratamos de explicar comportamientos individuales. Hoy vamos a hablar de un personaje sórdido a la vez que imaginativo; desalmado a la vez que creador.

Konstantín Sergéyevich Merezhkovski nació en Varsovia en 1855. La ciudad, que estaba entonces bajo la soberanía del Imperio Ruso, era un buen caldo de cultivo para la, por entonces, incipiente burguesía del Imperio. Como parte de la clase dominante, el padre de Merezhkovski, pudo formar parte desde muy temprano del funcionariado que administraba la corte del Zar, llegando a ser una prominente figura de este cuerpo de funcionarios. A la edad de 20 años, ingresó en la Universidad de San Peterburgo. Un institución que le permitió saciar su temprana curiosidad por los invertebrados marinos, financiándole un viaje al Mar Blanco y donde descubrió un género de hidrozooz. 5 años después de haber entrado en la universidad, y con su título bajo el brazo, Merezhkovski emprendió un viaje por Europa en busca de nuevas amistades y nuevos conocimientos: visitó a naturalistas en Francia y Alemania, y se centró durante unos años en la antropología y la fisiología animal llegando a publicar algunos trabajos sobre pigmentación animal. Con esta experiencia, no le costó nada hacerse con un puesto de profesor en la Universidad de San Peterburgo tan solo 3 años después de haber obtenido su título (1883).



Y en 1886 es expulsado del Imperio ruso. Las referencias al respecto son confusas y no parece haber demasiadas pruebas del por qué, pero J. Sapp y colaboradores (2) en el año 2002 publicaron una revisión de la vida de este autor donde sostienen la hipótesis de que fue expulsado por escándalo sexual: concretamente fue acusado de pedofilia cometida esta en los primeros años de universidad. Esto lo llevó a exiliarse en la periferia del Imperio ruso, en Crimea, durante 2 años, y en 1898, dejando esposa e hijo en esta región, emigró en solitario a EE.UU para trabajar en la Universidad de Berkeley (California) centrado en clasificar sus extensas colecciones de diatomeas del Mar Negro obtenidas durante estos 2 años que había estado en Crimea. 4 años pasó en la Universidad de Berkeley, de 1898 a 1902 y, posteriormente, pensando que su nombre ya estaría limpio, regresó al Imperio ruso para incorporarse a la Universidad de Kazán. Allí fue donde elaboró sus trabajos más famosos sobre "Simbiogénesis", su mecanismo predilecto de generación "de novo" de especies. Pese a que esta no era una idea nueva, fue el primero de hacer plausible y coherente el mecanismo de la simbiogénesis. En 1905 escribió su obra más importante: "*Sobre la naturaleza y origen de cromatóforos en el reino vegetal*" que, por otra parte, fue ampliamente ignorada y, cuando fue reconocida, fue para ridiculizarla.

La biografía de Merezhkovski parece escrita por de el más sórdido de los escritores de novela negra actuales. Prosiguiendo su propia "novela negra", doce años tras la vuelta a su patria natal (1914), fue acusado de haber violado nada menos que a 26 mujeres (desde que volvió en 1902 hasta 1914), incluyendo algunas menores de edad (2). Este tipo de comportamientos desviados no podían causar otra cosa que la destrucción de la persona que los padece. Física y mentalmente deteriorado por su criminal forma de vida, volvió a huir de la irremediable pena de cárcel, yéndose en primera instancia a Francia, donde pasó la Primera Guerra Mundial y, en un segundo



momento, ya en 1918, se mudó a Ginebra. Allí pasaría sus últimos días, padeciendo depresión, empobreciéndose y, en última instancia, suicidándose con un gas asfixiante de fabricación propia. No solamente fue un hombre capaz de lo mejor y de lo peor en sus actos, sino que tenía ideas extremas sobre cómo debía guiarse la humanidad (elaboró modelos de sociedad ideal donde ésta se guiaría por principios científicos, garantizando la perfección de la raza humana a través de la selección artificial de la misma. Ideas que, por otra parte, no desentonaban en absoluto en la Europa de la Primera Guerra Mundial), un antisemitismo radical (proponía la castración de todos los judíos).

Es difícil describir en pocas palabras la vida de esta persona de extremos pero, precisamente esos extremos, podríamos tomarlos como representantes de su vida: lo mejor y lo más deleznable del ser humano concentrados en una sola persona

Una vez leída su historia vital y comprendidas su ideología, dificultosamente uno puede pensar que defendiera la hipótesis de la "*simbiogénesis*" como mecanismos generador de especies, y no abrazara la mucho más coherente con su ideología malthusiana "*supervivencia de los más aptos a través de la selección natural*" pero, los ejes que toma cada ser humano en la elaboración de sus pensamientos son tan variados como ser humanos pensantes existan. Aún así, el hecho de repudiar la selección natural encaja bastante bien (aunque su visión, como su vida, era muy extrema en comparación) con la "Escuela Rusa de la Evolución".

Ya tenemos a otro representante de la Escuela Rusa. Hemos hablado de **Kessler** (3) y hablaremos mucho más de esta magnífica generación (en cuanto a sus logros) de científicos rusos olvidados en la actualidad.



REFERENCIAS

1. Wight, M. (1991). *International Theory* (pp. 7-24). citado por Paloma García Picazo en *Teoría Breve de las Relaciones Internacionales*, 4ª Ed., pág. 60-63.
2. Sapp, J., Carrapiço, F., & Zolotonosov, M. (2002). Symbiogenesis: the hidden face of Constantin Merezhkowsky. *History and philosophy of the life sciences*, 413-440.
3. La Quimera de Gupta (Abril, 2015). Titanes en la sombra: Kessler y la ley de la ayuda mutua - <http://tmblr.co/Z9NI911hLENL8>



ONTOGENIA Y FILOGENIA: progénesis y conversión bidireccional en hidrozooos

Una de las principales vías teóricas que tiene la evolución para la producción de nuevas especies son los cambios que se pueden producir a nivel del desarrollo embrionario. Por ejemplo, existen unos tipos de genes, muy conservados en la evolución que, cuando sufren pequeñas mutaciones que provocan cambios en la concentración de las proteínas que producen, o en la capacidad de difusión de las mismas en el embrión, provocan grandes cambios fenotípicos. Es decir, con pequeños cambios, se producen grandes saltos evolutivos. Estos genes tan importantes –verdaderas “llaves” del desarrollo embrionario– han venido a llamarse **genes homeostáticos**. Cambios en estos genes pueden llevar, por ejemplo, a heterocronías del desarrollo. **Stephen Jay Gould** en su libro *Ontogenia y filogenia* (1977) hace referencia a estos cambios e identifica hasta tres variables macroscópicas que se pueden ver afectadas por cambios en los tiempos del desarrollo (1): I) El tiempo de la reproducción, II) El cambio de la forma corporal y III) El tamaño somático o corporal.

En realidad, Gould se dio cuenta que coincidían en la práctica 2 de esas variables, la forma corporal juvenil con tiempos de reproducción tempranos y viceversa pero, los separó porque, al menos teóricamente, podría producirse dichas situaciones. Cruzando las variables, obtuvo la siguiente matriz anterior (página siguiente).

Hoy vamos a hablar de un caso de progénesis con pedomorfo-



sis (reproducción adelantada en el tiempo) y de un caso de “Conversión bi-direccional” o “retorno a caracteres anteriores del ciclo vital”; como si un ser humano recuperara en ciertos momentos de su vida el lanugo con el que nace o pudiera recuperar el cartílago de sus huesos y poder seguir creciendo en la edad adulta (prometemos hablar en otras entradas del blog de otros ejemplos que expliquen claramente las otras “heterocronias de Gould”). Ambos casos los ejemplificaremos con unos de los animales más sencillos de la naturaleza pero que, a la vez, son de suma importancia para comprender nuestro origen.





Variable	Progénesis	Neotenia	Hipermorfosis
Forma/Reproducción	Juvenil/Adelantada	Juvenil/Adelantada	Envejecido/tardía
Tamaño somático	Pequeño	Se mantiene	Grande

Variable	Aceleración	Enanismo	Gigantismo
Forma/Reproducción	Envejecido/tardía	Se mantiene	Se mantiene
Tamaño somático	Se mantiene	Pequeño	Grande

Hablamos de los Hidrozoos, una de la clases que componen el filo de los Cnidarios, uno de los filos que están en el origen de los metazoos. Pero, para hablar de hidrozoos, en primer lugar tenemos que hablar del principal debate existente en la biología evolutiva de los Cnidarios, a saber, qué estadio del desarrollo vida de estos metazoos vino primero en la evolución ¿la **medusa** o el **pólipo**? Hay tantos defensores de la medusa como ancestro evolutivo, o del pólipo, como investigadores centrados en uno u otro estadio del ciclo vital. Nadie defiende a la larva plánula como forma antecesora pero no es una hipótesis del todo descabellada atendiendo a algunas conjeturas que se pueden leer en la literatura científica del desarrollo en metazoos (podríamos llegar a considerarlas hipótesis como la hipótesis de la hibridación larval (2) de **Donald I. Williamson**). Volviendo a la medusa y al pólipo, por ejemplo **Bouillon**, en 1981, considera que es el pólipo el estadio ancestral, mientras que **Stepanjants** considera a la medusa como este estadio más primitivo (3).



Ciclo de vida

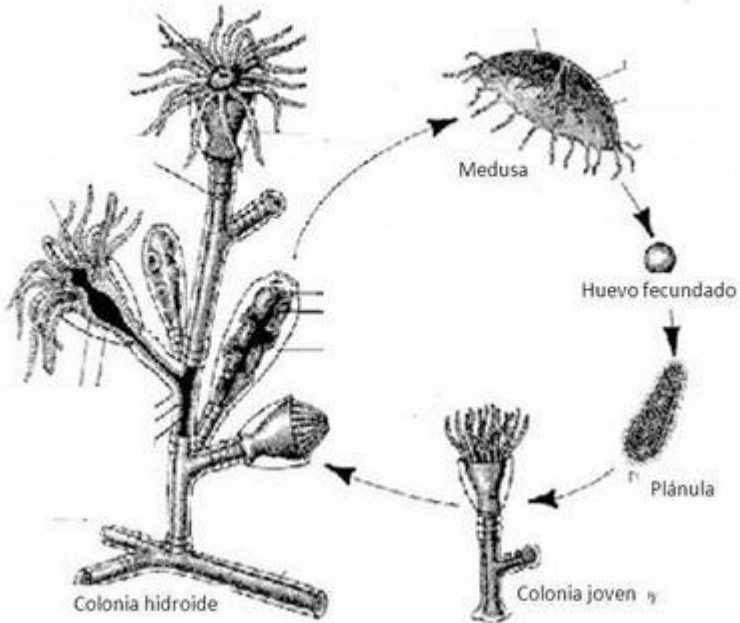


Figura 1. Ciclo vital tipo de las hidromedusas [modificado de Brusca & Busca, 2003].

Bavestrello y colaboradores, diez años después, refinaron la esta idea (3), la idea de que el pólipo es la forma más primitiva del ciclo vital de los cnidarios, y llegaron a la conclusión de que debió existir un pólipo tetracameral que sería este ancestro de todos los cnidarios, pero ¿Esta hipótesis es cierta? Todo depende del paradigma del cual se parta. Ni si quiera tenemos claro si la *fauna de Ediacara* eran organismos diploblásticos relacionados filogenéticamente con los actuales –y por tanto potenciales ancestros filogenéticos de la actual fauna–, o fueron un “experimento” embriológico del pre-cámbrico. Desde el punto de vista de Bouillon, por tanto, todos los grupos



de cnidarios habrían empezado su evolución a partir de él: los Anthozoos no habrían desarrollado el estado medusa en la mayor parte de las especies (primitivos), los Schiphozoos habrían reducido al máximo la fase pólipo (derivados) y los hidrozoos observaríamos todas las formas posibles (derivados y ancestrales).

Para saber mejor de lo que estamos hablando, vamos a repasar un poco el ciclo vital de los cnidarios. Concretamente vamos a meternos más directamente en el ciclo de los hidrozoos, y como modelo tomaremos al orden de las *Hydromedusas*. En la mayor parte de los hidrozoos, el desarrollo embrionario primario origina una larva plánula que no permanecerá demasiado tiempo en el plancton ya que lleva una reserva limitada de alimentos y su capacidad para captar sustancias del medio también lo está (se dice que es de tipo *lecitotrófico*). En muchas de las clases de hidrozoos que se consideran “primitivas” –como algunas Narcomedusas o las Trachymedusas–, la larva plánula da lugar, directamente, al estadio de medusa. En el resto de clases de hidrozoos –el resto de Narcomedusas, las Anthomedusas, las Leptomedusas y en las Limnomedusas– la larva plánula da origen a un pólipo tras haberse fijado a un sustrato que, en muchos casos, da origen a colonias por medio de reproducción asexual.

Estas colonias (o el pólipo solitario) dan lugar, cuando los pólipos especializados en ello llegan a la madurez, a medusas. Las medusas son la fase reproductiva por excelencia en los cnidarios (a excepción de los corales) y los hidrozoos no iban a ser menos. Por tanto, el ciclo se cierra con la producción de gametos sexuales por parte de las medusas. Éstos son liberados al medio, como norma general, dándose la fecundación de forma externa y, mediante la gastrulación del nuevo embrión, se produce la larva plánula (Ver figura 1). Después podemos tener diferentes variaciones: podemos distinguir un estadio de “medusa joven” o “larva éfira” que se producirían en el



caso de que la medusa viniera por *estrobilación*, proceso de reproducción asexual mediante el cual una gonozoo –o pólipo especializado en la producción de medusas– produce muchas medusas en una sola estructura; también podemos distinguir la “larva actínula” en el caso de que la larva plánula se desarrolle enteramente dentro del gonozoo (una especie de viviparismo asexual) y se produzca, de esa plánula-dentro-de-gonozoo, un estadio móvil que busque un lugar para fijarse y dar lugar a nuevos pólipos.

Con esta sencilla descripción del ciclo vital de las hidromedusas, podemos plantearnos algunas preguntas: ¿qué es más probable ¿Que, por ejemplo, las Narcomedusas de desarrollo directo y las Trachymedusas redujeran, hasta la desaparición, la fase de pólipo –una inhibición de dicha fase– o que el pólipo sea una fase originada varias veces en la evolución de los cnidarios? ¿Qué es más probable ¿que la fase pólipo se inhiba en una de las ramas más “primitivas” de las hidromedusas o, por el contrario, se podría considerar este rasgo –el pólipo inhibido– como “moderno”?

Ferdinando Boero ha hallado una especie en las costas de Papua Nueva Guinea que podría ayudarnos a entender mejor el ciclo vital de todos los Cnidarios y su significación en la biología evolutiva: la lepte”. omedusa *Laodicea indica* (3). Esta especie tiene un ciclo que podríamos describir como “flexible”. En la estación húmeda, cuando la columna de agua está más turbia y es más rica en nutrientes, *Laodicea* desarrolla un pólipo –llamados hidroides en las hidromedusas– que, posteriormente, da origen a una colonia que producirá medusas. En cambio, en la estación seca, cuando la columna de agua se estanca, pierde nutrientes y es más transparente, la larva plánula ya no desarrolla un pólipo, sino que inmediatamente desarrolla una medusa mediante una gonoteca que emerge de dicha larva ya fijada a un sustrato (Figura 2).



¿Es este ciclo flexible una de las formas mediante las cuales podrían haber evolucionado las diferentes variaciones del ciclo vital en Cnidarios? ¿Pudiera ser que, potencialmente, todos los taxones de cnidarios poseyeran la capacidad potencial de producir todos los estadios vitales del ciclo tipo de los cnidarios para, después, adaptar el ciclo a las condiciones ambientales? ¿Este ciclo flexible sería prueba de ello?

Pero, incrementemos todavía más las dudas sobre qué estadio del ciclo vital es primitivo y cual avanzado ¿Qué pensaríamos sobre el ciclo vital de las medusas si, ante situaciones ambientales de estrés concretas, un pólipo pudiera emitir a voluntad estadios dispersivos como las medusas (como ocurre normalmente) o que una medusa pudiera revertir a pólipo en vez de reproducirse sexualmente? En otras palabras ¿Qué ocurriría si los estadios vitales no fueran compartimentos estancos, sino estadios vitales accesibles por el organismo en cualquier punto de su vida?

En el caso concreto de *Laodicea indica* parece clara la existencia de un efector genético –definido como un conjunto de genes que regulan parte del desarrollo embrionario y que se ven afectadas en parte por el ambiente– detrás de la aparición de una colonia de pólipos o de una gonoteca productora de nuevas larvas plánula. La pregunta que sigue es evidente: ¿Este efector será única de esta especie? Pues parece que la respuesta es no. **Giorgio Bavestrello** y colaboradores han descrito un caso de *conversión bi-dirección* en una especie de anthomedusa llamada *Turritopsis nutricula* (4).



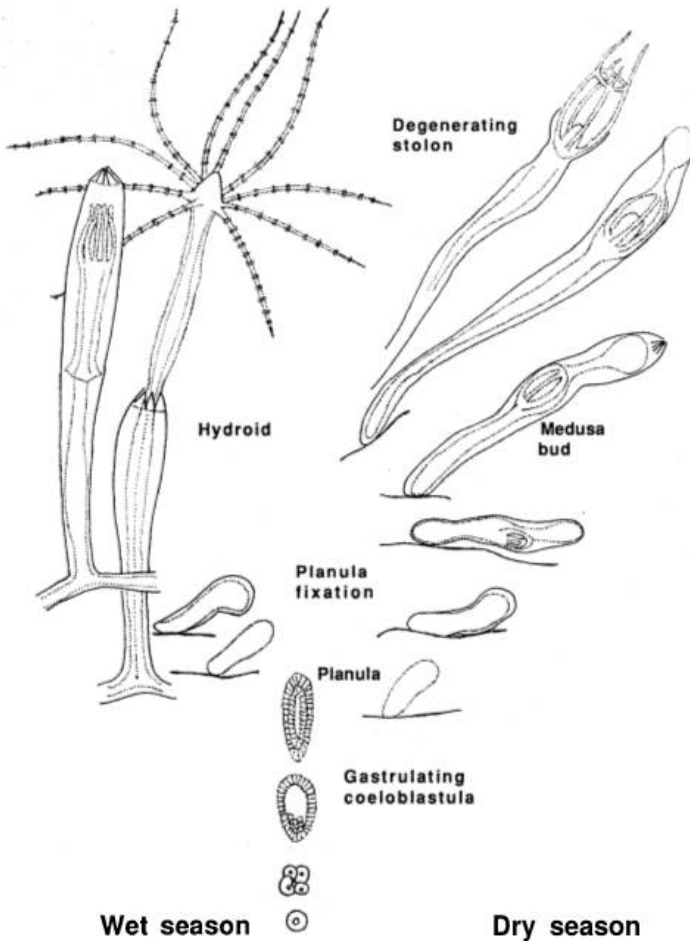


Figura 2. Patrones del ciclo de vida en *Laodicea indica*. Durante la temporada lluviosa, la larva plánula produce una colonia con hidroides (pólipos) que eventualmente producirá medusas; durante la estación seca la plánula produce una gonoteca que degenera para, posteriormente, producir una sola medusa.



La *conversión bi-dirección* es la propiedad de un organismo de revertir su ciclo vital, entero o en parte. En este caso, la anthomedusa es capaz de desarrollar estructuras de pólipo en es estadio de medusa. Es más, los autores recogen otros casos citados en la bibliografía como, por ejemplo, la realizada en 1990 por **Carré y Carré** sobre *Eucheilota paradoxica*, una leptomedusa, y sobre la posible causa de estas conversiones bidireccionales afirman que:

“El estrés medioambiental puede activar algunos bloques génicos que han quedado inactivados durante la ontogenia [...]. Existe un periodo crítico durante el cual los factores ambientales pueden intervenir directamente sobre el proceso morfogénico y conducirlo por diferentes vías”(4).

Parece evidente la existencia de efectores genéticos capaces de virar el rumbo del desarrollo embrionario en los hidrozooos y que su estudio puede llevarnos más cerca de conocer la verdadera razón de la existencia de dos morfos vitales (pólipo y medusa), de la filogenia de los cnidarios y, dado que es, como hemos dicho, uno de los grupos basales de los metazoos (más basales serían las esponjas y los placozoos, que no forman tejidos), podríamos conocer mejor el origen de los animales y de la multicelularidad que los caracteriza.

REFERENCIAS

1. Gould, S. J. (1977). Ontogenia y filogenia. Madrid: *Crítica* (Ed. 2010).
2. Williamson, D. I., & Vickers, S. E. (2008). El origen de las larvas. *Investigación y ciencia*, (378), 46-56.
3. Ferdinand, B., Bouillon, J. & Piraino, S. (1992) On the origins and evolution of hydromedusan life cycles (Cnidaria, Hydrozoa). *Sex Origan and Evolution*, (6), 59-68.



4. Bavestrello, G., Sommer, C., & Sarà, M. (1992). Bi-directional conversion in *Turritopsis nutricula* (Hydrozoa). *Scientia Marina*, 56(2-3), 137-140.

