

# EVOLUCIÓN

VOLUMEN 10(1) 2015



**PENSANDO DESDE LA EVOLUCIÓN**, por A. MOYA — 3

## ARTÍCULOS:

**MORENO, J.**

Selección natural de simbiosis, mutualismo, cooperación social, cuidado parental y propensión moral — 7

**PÉREZ RAMOS, H.**

¿Quién me eligió como su pareja? Análisis de los comportamientos que hacen posible la reproducción — 13

**VARÓN GONZÁLEZ, C.**

Morfometría geométrica y el estudio evolutivo de la forma — 59

## DIVULGACION:

**BOTO, L.**

Adaptación a la presencia de genes exógenos. Un comentario a dos trabajos recientes de Michener *et al.* — 69

## COMENTARIOS DE LIBROS:

“*Neanderthal Man: In Search of Lost Genomes*” de Svante Pääbo

Comentado por I. IRISARRI — 71

**5º CONGRESO DE LA SESBE (MURCIA, ENERO 2016)** — 74

**NORMAS DE PUBLICACIÓN** — 76



## ¡¡LA eVOLUCIÓN DE ANIVERSARIO!!

### Editores de eVOLUCIÓN

José Martín y Pilar López

### Junta Directiva de la SESBE

Presidente: Andrés Moya  
Vicepresidente: Santiago Merino  
Secretario: Toni Gabaldón  
Tesorera: Susanna Manrubia  
Vocales: Inés Alvarez  
Camilo José Cela Conde  
Jordi García  
Arcadi Navarro  
Antonio Rosas  
Cori Ramón

eVOLUCIÓN es la revista de la Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE)

eVOLUCIÓN no tiene necesariamente que compartir todas las ideas y opiniones vertidas por los autores en sus artículos.

© 2015 SESBE

ISSN 1989-046X

Quedan reservados los derechos de la propiedad intelectual.

Cualquier utilización de los contenidos de esta revista deberá ser solicitada previamente a la SESBE.



Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE)

Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
18071 Granada

<http://www.sesbe.org>

e-mail: [sesbe@sesbe.org](mailto:sesbe@sesbe.org)

### Para enviar artículos a eVOLUCIÓN:

José Martín y Pilar López  
Dep. Ecología Evolutiva  
Museo Nacional de Ciencias Naturales CSIC  
José Gutiérrez Abascal 2  
28006 Madrid

[jose.martin@mncn.csic.es](mailto:jose.martin@mncn.csic.es)  
[pilar.lopez@mncn.csic.es](mailto:pilar.lopez@mncn.csic.es)

Parece mentira, pero casi sin darnos cuenta hemos llegado al número 10 de eVOLUCIÓN. Esto no hubiera sido posible sin las interesantes contribuciones de más de 90 autores distintos que han confiado en la revista. Gracias a ellos hemos podido publicar 116 artículos y 22 comentarios de libros, aparte de entrevistas, noticias, etc, etc. Esperamos que todo este esfuerzo colectivo haya contribuido a difundir y aportar más luz a la Teoría Evolutiva.

Vamos a comenzar este número con la habitual carta del presidente de la SESBE (*Andrés Moya*) a los socios, con más novedades positivas que auguran un buen futuro de la Sociedad.

Continuamos, con una serie de, como siempre, interesantes *artículos* evolutivos que tratan sobre:

- 1) Cómo es posible que exista selección natural de la simbiosis, la cooperación y otras conductas sociales que aparentemente no incrementarían el éxito reproductivo individual.
- 2) El funcionamiento de los mecanismos y comportamientos de emparejamiento que hacen posible la reproducción.
- 3) Las aplicaciones de la morfometría geométrica al estudio evolutivo de la forma.

Además, incluimos un *comentario divulgativo* sobre varios artículos recientes que estudian la transferencia de material genético entre organismos. Y un *comentario sobre un libro* en el que se relata el origen y progreso de la nueva disciplina científica de la "genética del ADN antiguo" y su papel en el estudio de nuestra historia evolutiva más reciente como humanos.

Por último, ofrecemos más información actualizada sobre el próximo congreso de la SESBE en Murcia, en el que esperamos encontrar a todos los que han contribuido a que exista eVOLUCIÓN y a sus futuros autores.

Aprovechando este aniversario, agradecemos de una manera muy especial a los numerosos autores, revisores y lectores de eVOLUCIÓN por su continuado y desinteresado interés en aportar desde estas páginas sus conocimientos científicos e ideas sobre la evolución. Confiamos en que esto no sea más que el principio y que podamos celebrar muchos más aniversarios en el futuro.

*José Martín y Pilar López*  
Editores de eVOLUCIÓN

## Pensando desde la evolución

Estimados Socios de la SESBE:

Durante los últimos meses hemos recibido en la SESBE una serie de noticias relevantes y, a mi juicio, positivas, que nos indican que vamos por el buen camino y que paso a exponeros.

El Prof. Antonio Fontdevila, miembro de honor de la SESBE ha sido nombrado, a propuesta de nuestra sociedad, como miembro del grupo de debate en el **proyecto DECIDES que promueve la COSCE**. COSCE ha puesto en marcha dicho proyecto con el objetivo de contribuir a la refundación de un sistema de ciencia basado en las iniciativas del propio colectivo científico a través de los cinco debates que se proponen, y que tendrán su continuidad mediante un dialogo con distintos foros de ciencia, política y sociedad. ([http://www.cosce.net/pdf/proyecto\\_DECIDE\\_S\\_2015\\_guion\\_inicial\\_12junio15.pdf](http://www.cosce.net/pdf/proyecto_DECIDE_S_2015_guion_inicial_12junio15.pdf)).

Enhorabuena Antonio.

La segunda gran noticia es la iniciativa a organizar el **Congreso Europeo de Biología Evolutiva (ESEB)** en Barcelona, en 2019. Toni Gabaldón, secretario de la SESBE, recibió la sugerencia de presentar la candidatura de Barcelona para organizar el evento, bajo su presidencia, y la Junta Directiva (JD) de la SESBE la ha apoyado. Con un poco de suerte lograremos organizar el magno evento de la Biología Evolutiva Europea.

La tercera gran noticia, que todavía está pendiente de ser tratada por la JD, es la invitación por parte la **Asociación Portuguesa de Biología Evolutiva** (<http://www.apbe.pt/en/>) para organizar conjuntamente congresos con ellos cada cuatro años. La invitación la cursó la Dra. Sara Magalhães, actual presidenta de la Asociación Portuguesa, que trabaja en Centro de Ecología, Evolución y Cambio Ambiental de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lisboa.



Andrés Moya, Presidente de la SESBE

La organización del **5º Congreso de la SESBE** a celebrar en Murcia del 18 al 21 de Enero de 2016 está ya muy avanzada ([http://eventos.um.es/event\\_detail/1710/detail/50-congreso-de-la-sociedad-espanola-de-biologia-evolutiva-sesbe.html](http://eventos.um.es/event_detail/1710/detail/50-congreso-de-la-sociedad-espanola-de-biologia-evolutiva-sesbe.html)).

Contamos con conferencias plenarios a cargo de destacados científicos como Brent Emerson (evolución insular), Carlos Herrera (epigénesis y ecología evolutiva), Fredrik Ronquist (filogenias y biogeografía), Martin Sikora (evolución humana) y Susanna Manrubia (evolución molecular). Durante la celebración del congreso llevaremos también a cabo la Asamblea General de la SESBE, donde se contempla la renovación estatutaria de algunos de los cargos de la JD. Con suficiente antelación el secretario de la SESBE remitirá a los socios el orden del día y la solicitud de candidaturas a la renovación de cargos.

La **colección de divulgación científica de Biología Evolutiva** continúa. El próximo libro previsto, en el que tenemos puestas muchas esperanzas, es uno sobre Paleontología

Evolutiva a cargo de José Luis Sanz, paleontólogo de la Universidad Autónoma de Madrid. La SESBE ha hecho un gran desembolso económico con las dos últimas publicaciones de la colección, que casi se solaparon en el tiempo. Es por ello que nos hemos dado un receso para equilibrar nuestras arcas, que también ha venido muy bien al prof. Sanz para que pueda finalizar la obra y que podamos disponer de ella a lo largo de 2017 y, en todo caso, llevarlo como novedad al 6º Congreso de la SESBE.

Aprovechando este último comentario indicar que la JD se reúne en Septiembre en Madrid y uno de los puntos a tratar será la organización del citado 6º Congreso. Estaríamos encantados de recibir propuestas de organización

Un cordial saludo

**Andrés Moya**  
Presidente de la SESBE



## Cómo hacerse miembro de la SESBE...

Para hacerse miembro de la Sociedad Española de Biología Evolutiva hay que realizar 3 trámites muy sencillos

- Crear una cuenta nueva en la base de datos de la web de la SESBE ([www.sesbe.org](http://www.sesbe.org)) completando los datos personales (como mínimo los campos obligatorios).
- Realizar el pago de la cuota anual de 15 ó 30 euros (según sea miembro estudiante u ordinario) en la siguiente cuenta corriente de **Bankia**:

Número de cuenta: 2038 6166 21 3000095394  
Código IBAN: IBAN ES33 2038 6166 2130 0009 5394  
Código BIC (SWIFT): CAHMESMMXXX

- Remitir el comprobante de pago bancario junto con los datos personales por correo postal o electrónico (escaneado-pdf) a la tesorería de la SESBE:

Dra. Susanna Manrubia  
Centro Nacional de Biotecnología (CSIC)  
c/ Darwin 3  
28049 Madrid  
e-mail: [tesoreria@sesbe.org](mailto:tesoreria@sesbe.org)

- Una vez completados los tres trámites, la tesorera se pondrá en contacto con el nuevo socio para comunicarle que el proceso se ha realizado con éxito, activará su cuenta y le dará la bienvenida en nombre de la Junta Directiva.



# Selección natural de simbiosis, mutualismo, cooperación social, cuidado parental y propensión moral

Juan Moreno

Depto. Ecología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. E-mail: jmoreno@mncn.csic.es

*eVOLUCIÓN* 10(1): 7-12 (2015).

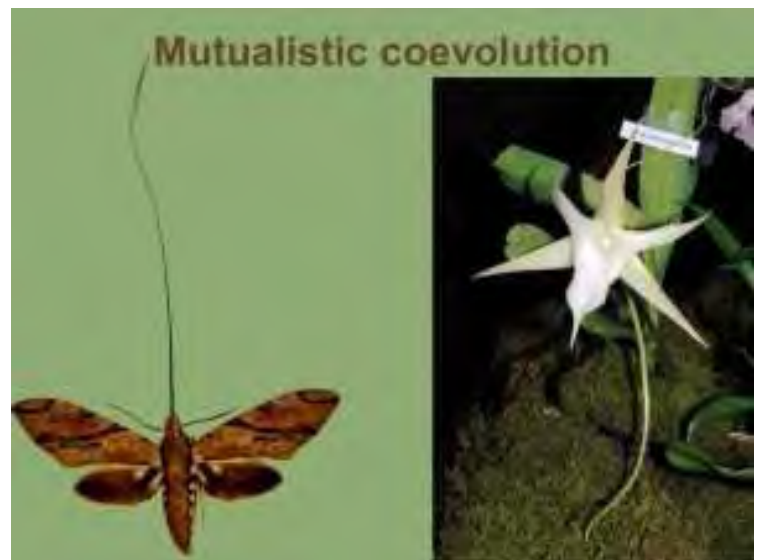
*“Cualquier animal dotado de marcados instintos sociales, incluyendo los afectos parentales y filiales, adquiriría inevitablemente un sentido moral o conciencia en cuanto sus capacidades intelectuales se hubieran desarrollado tanto, o casi tanto, como en el ser humano”*

C.R. Darwin. (1871)

Una de las principales causas de la tenaz animadversión de ciertos sectores de opinión hacia la evolución por selección natural es que postula rasgos que contribuyen exclusivamente al éxito reproductor individual. Según la teoría de Darwin, las propiedades de los organismos surgidos del proceso evolutivo existen porque han sido útiles a los ancestros de dichos organismos en la lucha por reproducirse eficazmente. Sacrificar el éxito reproductor propio en aras de otros fines no puede por tanto ser favorecido por la selección natural. Este individualismo estricto del proceso es interpretado por dicha corriente de opinión como una barrera insalvable para la aparición de cualquier tendencia cooperativa o altruista en los organismos surgidos del proceso evolutivo. La cooperación entre organismos diferentes que observamos, las conductas sociales que apreciamos en muchas especies o las pulsiones morales que reconocemos en nosotros mismos, aunque no sea más que para desobedecerlas, no pueden por tanto haber surgido del proceso propuesto por Darwin, por lo que dicho proceso es realmente una invención de los defensores de las injusticias, del status quo, de los poderes establecidos, etc., etc. Esta línea argumental crítica tan extendida está plagada de non-sequiturs y adolece de graves errores de concepto.

En primer lugar, cooperar con organismos de otras especies no significa necesariamente sacrificar parte o todo el éxito reproductor individual (Moya y Peretó 2011). Las sinergias entre procesos y conductas presentes en individuos de distintas especies son extraordinariamente comunes en la naturaleza y explican como la selección natural puede haber favorecido las tan extendidas simbiosis no parasitarias

(Wright 2000, Corning 2003, 2005). Las bacterias que portamos en nuestro organismo nos permiten vivir y nosotros a ellas y esta convivencia ha sido seleccionada porque favorece a ambas partes. Contra lo que se escucha a veces, uno de los pioneros de la investigación sobre adaptaciones para la cooperación entre distintos organismos como polinizadores y plantas con flores o dispersores y productores de semillas fue Darwin (1859, 1885). El darwinismo está en el origen del estudio del mutualismo y de la coevolución, por lo que sus actuales practicantes no están defendiendo ningún nuevo paradigma por mucho que algunos lo pretendan. Cualquier lectura de la bibliografía sobre estos temas que se remonte más allá de unas pocas décadas (muchos



**Fig. 1.** El estudio de las relaciones mutualistas entre distintos organismos y de la coevolución fue una de las pasiones de Darwin que dedicó varias obras íntegramente a ello. Es famosa su predicción, más tarde confirmada, sobre la existencia de algún insecto morfológicamente especializado en polinizar las extrañas flores de una planta de Madagascar. También estudió la dispersión de semillas de plantas acuáticas por anátidas como demostración de efectos positivos indirectos y las actuaciones como ingenieros de ecosistemas de las lombrices. Poca de la ciencia sobre estos temas que se realiza hoy día no fue adelantada por él. Afirmar, como en ocasiones escucho, que la teoría de la selección natural no contempla sino relaciones competitivas y que hay que fundar un nuevo paradigma basado en el mutualismo solo puede basarse en la ignorancia más absoluta sobre la historia de la disciplina o en ganas de confundir.



**Fig. 2.** Vivir en grupos por las ventajas individuales que implica induce un nuevo ambiente en que la selección favorece reducir la agresividad o competitividad entre individuos. Los pingüinos emperadores incuban sus huevos durante el invierno antártico en densas agregaciones en que las pérdidas de calor se reducen considerablemente respecto a individuos aislados. Para poder hacerlo, esas aves han perdido totalmente el instinto territorial que caracteriza a otros pingüinos y a aves coloniales en general. No se puede convivir estrechamente sin perder pulsiones agresivas. Esta pérdida es el primer paso hacia la sociabilidad. Ello es favorecido por puras ventajas individuales.

científicos tienden a mostrar unas miras de corto alcance histórico y así reinventar periódicamente la rueda argumental) demuestra que el darwinismo ha contemplado desde sus inicios a las relaciones mutualistas y a las simbiosis como productos de la selección natural, al resultar favorecidas en éstas en mayor o menor medida todas las partes implicadas. Así que la cooperación es facilitada por la selección cuando favorece a las distintas partes implicadas (puede haber inestabilidad en el sistema si alguna parte obtiene beneficios de explotar a la otra parte). Cooperar no significa sacrificios sino sinergias (Strassmann y Queller 2014). Las principales transiciones evolutivas han sido producto de la selección a favor de sinergias y cooperaciones que impiden la explotación de unas partes por otras (genomas integrados, células eucariotas, organismos pluricelulares, sociedades complejas) (Maynard Smith y Szathmary 1999; Michod 1999). Por ello, las críticas a la teoría de Darwin porque no incluye el mutualismo, la cooperación y la simbiosis entre sus objetos de estudio solo pueden basarse en ignorancia o en intentos de tergiversación.

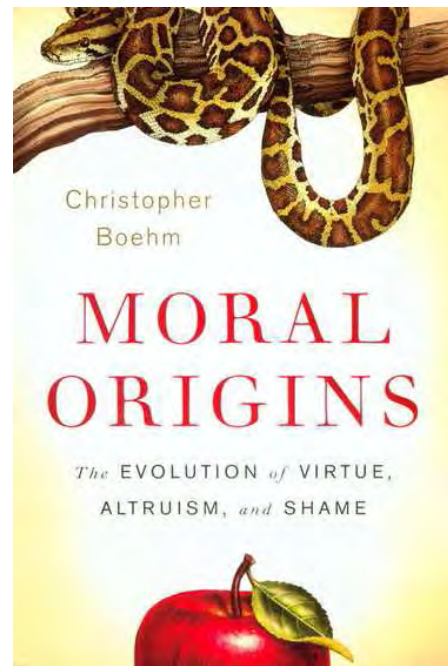
Identificar cooperación con sacrificio está muy extendido en los debates sobre el altruismo pero se trata de conceptos diferentes (Sober y Wilson 1998). La cooperación no requiere necesariamente sacrificios y es la base real de las sociedades animales, incluidas las humanas. Cualquier estudio del carácter adaptativo de la cooperación parte de la base de que es ventajosa para las partes implicadas y de que ha sido favorecida por selección natural (Strassmann y Queller 2014). Es cierto que la sociabilidad en muchos animales se mueve por fines individuales como ocurre en las agrupaciones de individuos no relacionados genéticamente (Hamilton 1971). La agregación en bandos, manadas, cardúmenes, bancos y como se quiera llamar a los grupos de animales se basa en ventajas para todos los participantes derivadas de evitar la depredación, encontrar el alimento o desplazarse más eficazmente (Krause y Ruxton 2002). Pero no es menos cierto que las tendencias gregarias son la base de adaptaciones para la vida en común que evolutivamente anteceden y facilitan la aparición de sociedades más cooperativas en algunos animales (Broom 2003; De Waal 2006). No es posible convivir en agregaciones sin adaptaciones que reduzcan los niveles de competitividad y agresión entre individuos. Ya antes de los escritos de Kropotkin (1902), la ayuda mutua se contemplaba como producto de la adaptación por selección natural de los organismos a un medio hostil (Darwin 1871).

Una vez rechazado el argumento erróneo de que el darwinismo niega la cooperación entre individuos de la misma especie, se puede plantear su negación de cualquier posibilidad de altruismo, de sacrificios reales de capacidad reproductiva para beneficiar a otros individuos. Ello también es falso porque la selección ha favorecido el cuidado parental, es decir el sacrificio de posibilidades futuras de reproducción en aras del éxito de la descendencia actual (Royle et al. 2012). Los documentales de naturaleza muestran continuamente conductas de sacrificio que van de menores hasta casos extremos en que las madres de ciertas especies se dejan consumir por sus vástagos. Estos sacrificios de oportunidades futuras conllevaron durante la evolución un mayor éxito reproductor en condiciones en que la descendencia se mantiene próxima a los progenitores, en que sin ayuda parental ésta es poco viable, y en que las perspectivas de reproducción futura son inciertas, entre otros posibles factores que explicarían los orígenes evolutivos de cuidados parentales (Kölliker et al. 2014). Ello podría llevar al argumento de que en realidad el sacrificio de los padres no es tal pues implica un mayor rédito reproductor que si no se sacrificaran. Al fin y al cabo tener descendencia exitosa es el único fin de la vida en términos evolutivos. Este es el argumento que subyace a la confusa metáfora del



“gen egoísta” y a las propuestas basadas en la visión génica de la evolución (Wilson 1978, Alexander 1987, Paradis y Williams 1989, Wright 1994). Los mismos argumentos valdrían para el nepotismo o sacrificios en beneficio de parientes, que en definitiva contribuyen al éxito evolutivo de propensiones genéticas compartidas (Queller y Strassmann 2014). Aparentemente para estos observadores, el único altruismo que pueden considerar como tal es aquel que no puede existir por la definición que ellos previamente han planteado.

Es cierto que la selección elimina cualquier tendencia al suicidio genético igual que la gravedad impide que los objetos se alejen por sí mismos del suelo, pero negar que los cuidados parentales impliquen un sacrificio es definir el altruismo en términos estrictamente genéticos y por ende negar su mera posibilidad como un absurdo (obviamente, cualquier tendencia heredable en los individuos a no propagarse no se propaga y desaparece). Hume (1751) y Smith (1759) ya criticaron la tendencia a definir los fenómenos morales de forma que no puedan existir. Sin embargo, nuestra moral natural como producto de la evolución reconoce algo admirable en los cuidados parentales o la ayuda entre parientes por lo que según nuestra evolución cuidar de la prole o ayudar a la familia es encomiable. Como señala De Waal (2006), la negación de altruismo en el cuidado parental y en la cooperación familiar proviene de separar a la moral de la evolución y considerarla como una entelequia externa que flota fuera de nuestra realidad biológica. Ello es imposible si realmente queremos aproximarnos científicamente a la realidad humana. La evolución no es moral como no lo es la gravedad (es erróneo por tanto defender moralmente algo solo por existir), pero entre sus productos está nuestra moral. Como señaló Darwin en la cita al inicio del artículo, nuestra moral es una adaptación por selección natural a la vida social en animales con nuestro desarrollo cerebral (Darwin 1871; Broom 2003; Hauser 2006). Es por tanto muy difícil estudiar los procesos morales desde fuera porque no existe ningún criterio para anclarlos en algo que no sean criterios religiosos, anclaje que impide la comprensión de cualquier fenómeno. Todavía no existen laboratorios que, como las cámaras de ingravidez en el caso de la gravedad, nos permitan estudiar nuestra moral sin experimentarla en vivo y en directo (lo más parecido es estudiar la visión del mundo de ciertos sociópatas). Describir a los ácidos nucleicos con criterios morales como en la popular metáfora de Dawkins es prueba evidente de que ni los científicos más clarividentes pueden contemplar la realidad sin anteojos morales. En realidad, el único anclaje real de nuestra moral está en nuestra propia evolución (Dennett 1995; Ruse 2006). Si consideramos sin razonar a ciertos



**Fig. 3.** Según Christopher Boehm, las coaliciones contra individuos dominantes y abusones en grupos de nuestros ancestros favorecieron las pulsiones morales al favorecer la cooperación en el seno de estas coaliciones y, más polémicamente, al seleccionar en contra de tendencias asociales por eliminación física de individuos con dichas tendencias, que suelen pretender ser dominantes. Los estudios de chimpancés han detectado la formación de estas coaliciones pero su escaso desarrollo no ha favorecido aparentemente más que tendencias morales muy rudimentarias. Los estudios antropológicos de pueblos cazadores-recolectores sin embargo presentan amplia evidencia de coaliciones y rechazo o eliminación de individuos con ansias de dominación. El sedentarismo y la agricultura parecen haber dominado esta aversión a la desigualdad en nuestros ancestros, aunque afortunadamente no del todo.

fenómenos como expresión de altruismo, da lo mismo que los cálculos genéticos demuestren que no se sacrifica realmente capacidad de propagación, porque nuestra percepción innata siempre triunfará sobre dichos cálculos.

Si definimos el altruismo según nuestros criterios morales innatos y no según si existe o no sacrificio de capacidad reproductora en términos genéticos o evolutivos (el sacrificio en estos



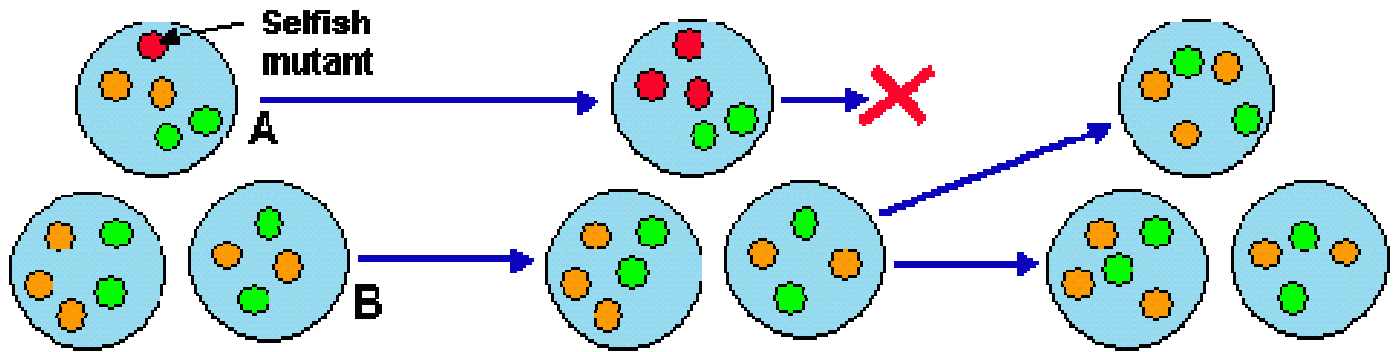
From: van Wolkenten, Megan, Brosnan, Sarah F., and de Waal, Frans B. M. (2007)

**Fig. 4.** A los monos capuchinos estudiados por *de Waal* y colegas no parece gustarles los repartos desiguales de comida, especialmente cuando ellos son los perjudicados. Es fácil entender las ventajas individuales de esta aversión a la desigualdad perjudicial, y también como puede pasarse gradualmente de esta aversión a un rechazo más generalizado de la desigualdad cuando perjudica a parejas, parientes, descendientes, etc. El paso evolutivo de esta tendencia a su generalización a todo el grupo se ha podido dar en sociedades humanas ancestrales con formación de coaliciones contra individuos dominantes como las que propone *Boehm*.

términos es un absurdo), existen evidencias de sacrificio en aras de componentes del mismo grupo social en algunos animales (De Waal 1997). Ello no debe sorprender porque nuestra moral no ha podido surgir de la nada sin basarse en procesos y adaptaciones previamente existentes en nuestros ancestros (Broom 2003; De Waal 2006). El estudio de atisbos de moral en primates es actualmente una aproximación prometedora para entender los orígenes de lo que nos hace sonrojarnos, sufrir ansiedad y remordimientos y aceptar reglas sociales sin rechistar (Hauser 2006; De Waal 2009). Recientemente se ha propuesto que la moral surgió de la cooperación en pequeños grupos de cazadores-recolectores para reducir el poder de individuos con ansias de dominación, y, de nuevo, se sustenta en beneficios para todos los individuos que cooperan aunque no para los dominantes domeñados o físicamente eliminados

(Boehm 1999, 2012). Esta propuesta podría explicar nuestra natural e instintiva aversión a la desigualdad en el acceso a los recursos, posteriormente dominada aunque no erradicada por la cultura en sociedades despóticas (en este caso podría decirse que los genes son de izquierdas y la cultura de derechas). El rechazo de la injusticia basado en la aversión a la desigualdad podría existir ya de forma incipiente en algunos primates no humanos (De Waal 2006; Hauser 2006). Según otra propuesta reciente, la moral se basaría en la empatía favorecida por la crianza cooperativa en pequeños grupos sociales (Hrdy 2009). La reciprocidad propuesta por Trivers (1971) ha dado lugar a una línea teórica enmarcada en la teoría de juegos que ha demostrado la posibilidad de estabilidad evolutiva de la cooperación social (Axelrod 1984). Este tipo de modelos teóricos muestran que el contrato social es favorecido cuando los participantes interaccionan sobre todo con similares (Skyrms 1996; Castro y Toro 2004). El respeto innato a las normas sociales que está en la base de modelos de teoría de juegos sobre orígenes evolutivos de la cooperación social (Gintis 2009) ha debido ser favorecido por selección natural individual. Todos estos modelos y propuestas no requieren selección de grupo, el proceso propuesto originariamente por Darwin (1871) para explicar el altruismo y posteriormente defendida por Sober y Wilson (1998). La selección de grupo ha sido ampliamente debatida recientemente en relación con la controversia sobre los orígenes de la eusociabilidad en insectos (Wilson 2012), y aunque plausible, no es necesaria para explicar la evolución de pulsiones morales. La selección de grupo no puede favorecer nunca la ayuda a miembros de otros grupos y sustenta inevitablemente la xenofobia, mientras que nuestra moral innata reconoce como virtuosa la ayuda a otros sin tener en cuenta el grupo al que pertenecen, al menos en situaciones no bélicas. Los partidarios de la selección de grupo comentan poco el aspecto moralmente repelente de las tendencias que según sus propios modelos resulta de fuerte selección de grupo (el fascismo siempre se ha basado en fuerte solidaridad intragrupal y odio hacia otros grupos). En cualquier caso, es un error no por extendido menos grave, confundir cooperación social con selección de grupo.

En conclusión, no hay que confundir cooperación con sacrificio ni con selección de grupo ni definir la moral como imposible con criterios exclusivamente genéticos o anclarla fuera de la evolución. Teniendo esto en cuenta, está cada vez más claro que es individualmente ventajoso ser moral en sociedades humanas (Ridley 1996; Gintis 2009), y ya se están esclareciendo los mecanismos neuronales y en definitiva epigenéticos (es decir basados en los genes, no ajenos a ellos) que sustentan a nuestras



**Fig. 5.** Si en lugar de llamar al mutante “egoísta” le llamamos “moralmente altruista”, es decir que ayuda igual a los individuos de otros grupos como a los de su propio grupo, la suerte de esta mutación es la misma según los modelos de selección de grupo, es decir que desaparece. Según estos modelos, la cooperación extragrupal no puede ser en ninguna circunstancia un producto de selección de grupo, y sin embargo existe en nuestras sociedades. Se coopera con mayor o menor frecuencia entre componentes de tribus distintas, de naciones distintas, de asociaciones distintas, incluso entre forofos de distintos clubs deportivos. Esta cooperación fuera de los límites de los grupos, sean estos los que sean y sea lo común que sea, solo puede ser producto de tendencias morales producto de selección individual. La selección de grupo solo predice conflictos intergrupales y xenofobia, no moral ajena a los grupos que es la que verdaderamente solemos admirar. Confundir selección de grupo con cooperación social y con la evolución de nuestra moral es un error grave pero ampliamente extendido.

respuestas morales (Moll et al. 2005). Entonces alguien dirá que si la moral es instintiva y está en los genes, no tiene mérito ser moral. Para dichos observadores, cualquier fenómeno biológico pierde valor solo por serlo. Necesitan colgar la moral de un gancho celeste. En un creciente sector de opinión que no necesita ganchos celestes ni argucias antropocéntricas acabará calando la percepción de que la selección natural está en el origen de la simbiosis, del mutualismo, de la cooperación entre individuos en grupos familiares y sociales, del cuidado de la prole y de nuestros criterios morales. Esta percepción se encuentra entre los fundamentos de la teoría de la selección natural desde sus inicios. Esperemos que para entonces dejemos por fin de leer y escuchar los machacones, torpes y erróneos argumentos sobre como la teoría evolutiva de Darwin olvida o niega la cooperación, el altruismo y los fenómenos morales.

## REFERENCIAS

- Alexander, R. 1987. *The Biology of Moral Systems*. Aldine, Chicago.
- Axelrod, R. 1984. *The Evolution of Cooperation*. Basic, Nueva York.
- Boehm, C. 1999. *Hierarchy in the Forest: The Evolution of Egalitarian Behavior*. Harvard Univ. Press, Cambridge MA.
- Boehm, C. 2012. *Moral Origins: The Evolution of Virtue, Altruism, and Shame*. Basic Books, Nueva York.
- Broom, D.M. 2003. *The Evolution of Morality and Religion*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Castro, L. y Toro, M.A. 2004. Mutual benefit can promote the evolution of preferential interactions and in this way can lead to the evolution of true altruism. *Theor. Pop. Biol.* 65: 239-247.
- Corning, P. A. 2003. *Natures's Magic: Synergy in Evolution and the Fate of Mankind*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Corning, P.A. 2005. *Holistic Darwinism: Synergy, Cybernetics, and the Bioeconomics of Evolution*. Univ. Chicago Press, Chicago.
- Darwin, C.R. 1859. *The Origin of Species*. John Murray, Londres.
- Darwin, C.R. 1871. *Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. John Murray, Londres.
- Darwin, C.R. 1885. *The Various Contrivances by Which Orchids are Fertilised by Insects*. John Murray, Londres.
- Dennett, D.C. 1995. *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*. Allen Lane, Londres.
- De Waal, F. 1997. *Bien Natural: Los Orígenes del Bien y del Mal en los Humanos y Otros Animales*. Herder, Barcelona.
- De Waal, F. 2006. *Primates and Philosophers: How Morality Evolved*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- De Waal, F. 2009. *The Age of Empathy: Nature's Lessons for a Kinder Society*. Harmony Books, Nueva York.
- Gintis, H. 2009. *The Bounds of Reason: Game Theory and the Unification of the Behavioral Sciences*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Hamilton, W.D. 1971. Geometry for the selfish herd. *J. Theor. Biol.* 31: 295-311.
- Hauser, M.D. 2006. *Moral Minds: How Nature Designed our Universal Sense of Right and Wrong*. Harper-Collins, Nueva York.

- Hrdy, S.B. 2009. *Mothers and Others: The Evolutionary Origins of Mutual Understanding*. Harvard Univ. Press, Cambridge, MA.
- Hume, D. 1751. *An Enquiry Concerning the Principles of Morals*.
- Kölliker, M., Smiseth, P.T. y Royle, N.J. 2014. Evolution of parental care. Pp. 663-670. *En: The Princeton Guide to Evolution*. Princeton Univ. Press, Princeton NJ.
- Krause, J. y Ruxton, G.D. 2002. *Living in Groups*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Kropotkin, P. 1902. *Mutual Aid: A Factor of Evolution*. (editado en 1972) New York Univ. Press, New York.
- Maynard Smith, J. y Szathmary, E. 1999. *The Origins of Life: From the Birth of Life to the Origins of Language*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Michod, R.E. 1999. *Darwinian Dynamics: Evolutionary Transitions in Fitness and Individuality*. Princeton Univ. Press, Princeton NJ.
- Moll, J., Zahn, R., de Oliveira-Souza, R., Krueger, F. y Grafman, J. 2005. The neural basis of human moral cognition. *Nature Rev. Neurosci.* 6: 799-809.
- Moya, A. y Peretó, J. 2011. *Simbiosis: Seres que Evolucionan Juntos*. Síntesis, Madrid.
- Paradis, J. y Williams, G.C. 1989. *Evolution and Ethics*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Queller, D.C. y Strassmann, J.E. 2014. Kin selection and inclusive fitness. Págs. 215-220 en: *The Princeton Guide to Evolution*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Ridley, M. 1996. *The Origins of Virtue*. Penguin Books, Londres.
- Royle, N.J., Smiseth, P.T. y Kölliker, M. 2012. *The Evolution of Parental Care*. Oxford Univ. Press., Oxford.
- Ruse, M. 2006. *Darwinism and its Discontents*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Skyrms, B. 1996. *Evolution of the Social Contract*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Smith, A. 1759. *The Theory of Moral Sentiments*.
- Sober, E. y Wilson, D.S. 1998. *Unto Others: The Evolution and Psychology of Unselfish Behavior*. Harvard Univ. Press, Cambridge MA.
- Strassman, J.E. y Queller, D.C. 2014. Cooperation and conflict: microbes to humans. Pp. 671-676. *En: The Princeton Guide to Evolution*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Trivers, R. 1971. The evolution of reciprocal altruism. *Q. Rev. Biol.* 46: 35-57.
- Wilson, E.O. 1978. *On Human Nature*. Harvard Univ. Press, Cambridge, MA.
- Wilson, E.O. 2012. *The Social Conquest of Earth*. WW Norton, Nueva York.
- Wright, R. 1994. *The Moral Animal*. Abacus, Londres.
- Wright, R. 2000. *NonZero: The Logic of Human Destiny*. Pantheon Books, Nueva York.

### Información del Autor

Juan Moreno Klemming se doctoró en ecología animal por la Universidad de Uppsala (Suecia) y actualmente es profesor de investigación del CSIC en el Departamento de Ecología Evolutiva del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Desde 1980 ha estudiado diversos aspectos de la ecología evolutiva y eco-fisiología de aves en Suecia, España, Antártida y Patagonia, especialmente en relación con la reproducción. Ha publicado más de 200 trabajos científicos en revistas internacionales sobre estos temas, además de varios artículos divulgativos, capítulos de libro, y dos libros.

## ¿Quién me eligió como su pareja? Análisis de los comportamientos que hacen posible la reproducción

Hernán Pérez Ramos

Avda. de la Costa Blanca, 14, buzón 44, Playa San Juan, 03016, Alicante.  
E-mail: puchoramos0562@yahoo.es

### RESUMEN

En este artículo intentamos ofrecer una imagen pormenorizada del funcionamiento de los mecanismos y comportamientos que hacen posible la reproducción. El comportamiento de Búsqueda de Pareja, el comportamiento de Apareamiento y el comportamiento de Emparejamiento. Explicaremos que cada uno de estos tiene tareas diferentes que cumplir y emplea emociones, sentimientos y sensaciones distintas para lograr que el sujeto cumpla con su cometido. También trataremos de describir el funcionamiento de cada uno de los dos mecanismos de selección de pareja (el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos y el Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos), explicando la vinculación de cada uno con los tres comportamientos anteriormente mencionados. En el marco de los razonamientos que expondremos trataremos de explicar por que no es necesaria la existencia de un input genético (un sesgo hacia la elección de ciertas características físicas) para que aparezcan los caracteres sexuales secundarios no adaptativos. También expondremos un conjunto de argumentos que nos llevarán a concluir que el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos Amor no es otra cosa que el mecanismo (el comportamiento Apareamiento) que diseñó la selección natural para lograr que dos sujetos, en principio enemigos y rivales, pudieran acercarse el uno al otro lo suficiente como para hacer posible la cópula y trataremos de demostrar por que el Amor solo se siente cuando quien elige nuestra pareja es el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos que un sujeto puede aportar a la descendencia. Siguiendo el discurso lógico explicaremos a continuación por qué el Amor (la necesidad de ser fieles a nuestra pareja) obligatoriamente tiene que aparecer con fecha de caducidad. Y describiremos como es probable que pudiese funcionar el mecanismo (de Conteo regresivo) que hace que podamos dejar de ser fieles a nuestra pareja (a los sujetos elegidos por nuestro MSBI). *eVOLUCIÓN 10(1): 13-58 (2015)*.

**Palabras Clave:** Selección natural, Comportamiento Búsqueda de pareja, Comportamiento de apareamiento, Mecanismo selector de beneficios indirectos, Mecanismo selector de beneficios directos, Mecanismo de conteo regresivo, Proceso de acostumbramiento.

### ABSTRACT

In this article will try to offer an image of the mechanisms that enable the animal reproduction. The Matchmaking behaviour, the Pairing behaviour and the Pairing behaviour. We will explain that these behaviours have different tasks to fulfil and employs different emotions, sensations and feelings to make the subject do its job. Also try to describe the operation of the mate selections mechanism (Direct Benefits Selector Mechanism and Indirect Benefits Selector Mechanism, explaining the linkage of each one with tree aforementioned behaviours. Will try to explain that is not necessary the existence a genetic bias that make us prefer certain physical characteristics for the emergence of the secondary sexual characteristics (non adaptive). We will explain that the love is the mechanism designed by natural selection in order to achieve that two subjects (in principle enemies) can bee together to copulate. We will try to chow that love just feel when those who choose our partner is the IBSM. We will explain too why love has an expiration date. An describe how it might work the mechanism (countdown mechanism) that makes us stop being faithful to our partner. *eVOLUCIÓN 10(1): 13-58 (2015)*.

**Key Words:** Natural selection, Matchmaking behaviour, Pairing behaviour, Direct benefits selector mechanism, Indirect benefits selector mechanism, Countdown mechanism.

### Introducción

¿Quién me eligió como pareja? Aparentemente esta es una pregunta con muy poca enjundia y de poco interés cognitivo, pero no nos engañemos, detrás de el aparentemente simple acto de elegir a

otro sujeto como pareja hay todo un entramado de complejísimas redes neuronales cuyo funcionamiento está implementado con la intención de conseguir la perpetuación de las especies. Estos circuitos de alta tecnología tienen la misión de lograr el máximo de supervivencia de los

descendientes y esto a su vez se consigue por dos vías distintas. La primera está encaminada a conseguir que los nuevos sujetos cuenten con el máximo de recursos (alimentos, seguridad, protección, calor, ventilación, etc.) desde el momento en el que son concebidos hasta el instante en el que son capaces de iniciar su vida de forma independiente. La segunda vía está destinada a lograr seres cada vez mejor adaptados al medio en el que viven, lo que se traduce en una mayor resistencia a enfermedades y parásitos, en una mayor capacidad para obtener alimentos, territorios, refugios seguros, pareja y para eludir a la depredación. Lo lógico sería pensar que un individuo con buenos genes necesariamente sería el mejor padre y el que mejor territorio sería capaz de conquistar, pero en la práctica, como veremos a lo largo de este trabajo, ello no siempre sucede así. Esto es la importantísima razón por la que la selección natural configuró en los cerebros, especialmente en el de las hembras (quienes más invierten en el proceso reproductivo) dos mecanismos diferentes destinados a que estas pudieran elegir al mejor macho con el que emparejarse y aparearse, uno encaminado a Seleccionar los Beneficios Directos, el MSBD (garantiza que el macho proporcione buenos regalos nupciales, que sea poseedor de un buen territorio rico en alimentos y seguro, que sea capaz de dedicar tiempo y esfuerzo a cuidar, alimentar y proteger de la descendencia) y un segundo Mecanismo de elección encaminado a Seleccionar los Beneficios Indirectos, el MSBI (machos más resistentes a las enfermedades y parásitos, con más capacidades para encontrar alimentos y para escapar de la depredación, es decir, chicos con buenos genes). Teóricamente ambos sistemas de selección tendrían que funcionar en conjunto porque, como mencionaba, es predecible que un macho con buenos genes (beneficios indirectos) sería a su vez quién más beneficios directos podría proporcionar a la hembra pero esto no siempre ocurre de este modo. Por ejemplo en el caso del herrerillo común son las hembras quienes escogen para las cópulas extrapareja a machos ya emparejados pero de superior calidad a la de su pareja, estos últimos son padres de la totalidad o de la inmensa mayoría de los poyos de su nido y de muchos poyos de los nidos vecinos. Otro ejemplo similar es el del carricero tordal. Esta es una especie poligínica en la que las hembras seleccionan a los machos, quienes no ayudan mucho en el cuidado de los pollos, tanto por la cantidad de recursos existentes en el territorio que han logrado conquistar como por la mayor amplitud del repertorio de su canto (indicador honesto de buenos genes). Las hembras usualmente eligen primero que nada al macho que disponga del mejor y más surtido territorio, pero, si resulta que su canto no es el que más les agrada, tienen cópulas extrapareja con los machos



**Fig. 1.** El comportamiento de Apareamiento y de Emparejamiento del herrerillo común y del carricero tordal son una prueba de que existen dos mecanismos distintos que se encargan de elegir nuestras parejas. El MSBD y el MSBI.

vecinos cuyo canto sea más elaborado que el del macho con el que se han emparejado. (Soler 2012, pag. 422).

Estos ejemplos expuestos ponen de manifiesto que el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos funciona con independencia del Mecanismo que Selecciona los Beneficios Directos. El hecho de que ello suceda así hace que cobre importancia radical la pregunta que da título a este artículo. ¿Quién me ha elegido como su pareja? ¿El Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos y el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Directos de forma conjunta o me ha elegido uno de estos dos sistemas por separado? La respuesta a esta interrogante reviste una importancia cardinal a la hora de enterarnos que es lo que siente nuestra pareja por nosotros ya que, como intentaremos argumentar en este trabajo, las sensaciones, sentimientos y emociones que esta experimentará para con nosotros dependen directamente del mecanismo de selección de pareja que nos haya elegido. En otras palabras, la respuesta a la pregunta: ¿Cuál de los dos mecanismos de selección (de nuestra pareja) nos ha escogido? Es la que nos responderá esa importantísima pregunta que nos hacemos sin cesar una y otra vez. ¿Qué siente mi pareja por mí? ¿Me ama de verdad o está con migo por interés? Tomas H Huxley, contemporáneo, defensor y gran amigo de Darwin consideraba que la naturaleza humana no era moral sino egoísta, para él la moral actuaría como una fina capa que oculta y mitiga los rasgos negativos de esa naturaleza egoísta. Huxley no se ocupó de explicar como la especie humana ha obtenido la voluntad y la fuerza para luchar contra su propia naturaleza egoísta. Castro (2012). En este artículo intentaremos explicar como nuestros conoci-mientos se convierten en comportamientos, lo que es lo mismo que decir que trataremos de analizar como las normas sociales de convivencia, las ideas acerca de lo correcto y de lo que no se debe hacer se pudieran interconectar con alguno de nuestros comportamientos innatos para así convertirse en un

comportamiento, es decir, para poder tener la posibilidad de hacer que el individuo cumpla con el cometido que a estas normas de conducta les concierne. En esencia, intentaremos analizar como nuestros conceptos morales adquieren la fuerza y la potestad necesaria para controlar nuestros impulsos egoístas. Basaremos el artículo en el estudio de uno de los comportamientos propios de nuestra

Ahora, para dar respuesta a la pregunta: ¿quién nos ha elegido como su pareja? tenemos que intentar descubrir las emociones que están relacionadas con cada uno de estos dos sistemas de selección de pareja y para ello tendremos que analizar los comportamientos inherentes a la función reproductiva, ya que estos son quienes activan las emociones sensaciones y sentimientos que emplean cada uno de estos dos mecanismos de selección para hacer que permanezcamos al lado del sujeto escogido por ellos. Para esto comenzaremos por describir paso a paso como pudiera suceder el proceso reproductivo.

### **Fases del proceso reproductivo**

#### **Primera fase del proceso reproductivo. El comportamiento búsqueda de pareja**

El comportamiento Búsqueda de Pareja regularmente se activa en la inmensa mayoría de los machos, trátese de la especie de la que se trate, una vez que estos ya han madurado sexualmente. Es muy probable que los grandes niveles de testosterona que comienzan a ser capaces de producir los testículos una vez han madurado son el mensaje que le indica al comportamiento Búsqueda de Pareja (BP) que el aparato reproductor ya se haya listo para funcionar convenientemente y por tanto debe activarse para motivar y obligar al individuo portador para que se reproduzca. La testosterona es lo que hace que se despierte el deseo sexual, conjuntamente con el resto de hormonas sexuales masculinas. (Fisher 4). Una vez que el comportamiento se despierta activa de inmediato en el sujeto la sensación de necesidad de encontrar pareja y esto a su vez le obliga a buscar constante e insistentemente con quien aparearse. Más adelante describiremos el sistema de Motivación mesolímbico, el instrumento que diseñó la selección natural para hacernos experimentar la necesidad de complimentar con una serie de tareas sin las cuales la vida sería imposible. También entraría a ejercer su influencia los premios (sensaciones de alegría y satisfacción) ofrecidos por el comportamiento BP mediante el sistema de recompensa cada vez que es encontrada una chica, de manera que el recuerdo de esta gratificación estimula al sujeto a seguir buscando.

Pero en las chicas, aunque el comportamiento también se pone a funcionar desde que los

ovarios mandan la señal de que ya son capaces de producir óvulos, ocurre algo bien diferente. El comportamiento Búsqueda de Pareja de las hembras se compone de dos comportamientos diametralmente opuestos. El primero de ellos es el Comportamiento de Estro, este tiene la función de evitar que ellas acepten que un macho copule con ellas cuando están criando o amamantando puesto que un nuevo embarazo haría imposible sacar a delante los hijos ya nacidos. También hay épocas en las que no conviene que se produzcan embarazos debido a que el nacimiento de los hijos ocurriría en un momento climatológico adverso, por ejemplo mucho frío o mucho calor, una gran sequía o demasiadas tormentas, o en épocas de carestía de alimentos. Para evitar que esto suceda es predecible que el comportamiento Estro active en ellas emociones y sentimientos de rechazo, enfado y agresividad cuando un macho se acerca con intenciones de copular. La otra parte del comportamiento Búsqueda de Pareja en las chicas lo forma el comportamiento Celo, este tiene la función contraria, la de hacer que ellas deseen encontrar a un macho para copular. Así que es probable que el comportamiento de Celo active en ellas la sensación que la hacen desear la cercanía y el contacto con un macho y por ende aparece la necesidad de que su MSBI evalúe a los machos del entorno.

#### **Segundo fase del proceso reproductivo. Entran en juego los mecanismos de selección de pareja**

*El Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos (buenos genes) que una hembra puede aportar a la descendencia*

El chico impulsado por su comportamiento Deseo de Cópula descubre a una hembra en celo, ello hace que se active de inmediato su Mecanismo Selector de Bienes Indirectos, quien se encargará de elegir a una chica con buenos genes. Helen Fisher nos explica que en los hombres el deseo sexual está más vinculado a la información que proviene de la corteza visual. Ello podría ser una evidencia del funcionamiento de este mecanismo que, en el caso de nuestra especie, evalúa la calidad de las candidatas a través de imágenes visuales. Aparentemente los machos de una gran parte de las especies, por ejemplo de mamíferos, son muy poco exigentes a la hora de elegir con quien copular. Hace poco circuló por Whats App un vídeo de un toro que trataba de tener sexo con una motocicleta. Ello podría inducirnos a sospechar que el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos que una chica pudiera aportar a la descendencia no funciona en los machos de mamífero. A que podría deberse esto. En nuestro planeta solo en dos o tres especies, que sepamos, las hembras no pasan por un largo período de estro durante el cual no copulan. Así que la oportunidad de los

machos para pasar sus genes a la próxima generación se reduce a un cortísimo espacio de tiempo, unas pocas veces en su vida. Y si a esto le sumamos una intensísima competencia para poder acceder a una hembra tendremos que concluir que en ningún modo es una buena estrategia reproductiva (para un macho) ser muy exquisito y remilgado a la hora de elegir con quien copular. Sin embargo el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos sí funciona en nosotros, por ejemplo, los machos de papión amarillo se pelean por la hembra que tiene la hinchazón más grande en el trasero, este es un indicador honesto de gran calidad genética (Soler 2012, pag. 120).



**Fig. 2.** Las chicas de papión amarillo y Jenifer López, que también muestra una preciosa hinchazón en el trasero, son dos ejemplos de que el MSBI también funciona en los machos.

Por su parte los gallos son capaces de regular la cantidad de espermatozoides que inyectan a las distintas gallinas según la calidad genética de estas (Soler 2012, pag. 172). En nuestro caso, aunque las hembras hace tiempo que perdieron el estro, los hombres suelen ser también mucho menos exigentes que las hembras a la hora de elegir pareja para copular, pero eso no empequeñece el hecho de que a todos nos gustaría (al menos a todos los hispano-americanos) tener como pareja a un clon de Jenifer López, con una espectacular hinchazón en el trasero (quizás también un indicador honesto de buenos genes). Esta es una circunstancia es una prueba inequívoca de que el mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos funciona también en nosotros.

#### *Actuación del Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos que un macho puede aportar a la descendencia*

Ella descubre el macho que se aproxima. Normalmente se activarían los comportamientos que le harían huir o enfrentarse al macho, pero esta vez la cosa cambia por completo. La chica está en la fase de Celos y los estrógenos inundan su cerebro cambiando por completo la secuencia

de comportamientos que se van a activar. Inmediatamente entra en acción los sistemas de selección de pareja y para que estos puedan hacer su trabajo se activan las estructuras corticales que le permiten recordar y rememorar. El que esto último suceda es de trascendental importancia ya que ella necesita rememorar en su mente todos los encuentros que ha tenido anteriormente con machos para así poder descartar que el macho que se acerca tiene intención de agredirla. Para decirlo de otra manera, en su cerebro se compara la actitud del macho que se acerca con los recuerdos (memorias episódicas) de otros encuentros con machos y ello es lo que le permite a la chica descartar que él venga con malas intenciones, paso muy importante como veremos después. Una vez que se comprueba que el macho no viene a provocar daños y perjuicios se activan en ella los mecanismos de selección de pareja.

Al mismo tiempo el mecanismo que selecciona beneficios indirectos (MSBI) también está haciendo una importantísima función, está evaluando la calidad genética del macho pretendiente al compararlo con el patrón del que dispone dicho sistema (Pérez 2013). Al comparar las características físicas y de comportamiento (bailes, sonidos, etc.) del aspirante con las características físicas del retrato robot (elaborado a base de las características más comunes de los machos del entorno) que sirve como patrón, el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos (MSBI) tiene la posibilidad elegir al macho con mejores genes y mejor adaptado al entorno (Pérez 2013). Además de esta información (el retrato robot elaborado por el sistema de troquelado) que se adquiere durante la primera etapa de la vida es muy probable que ellas también traigan escrito en los genes un sesgo que las haga preferir a chicos que exhiban comportamientos de dominancia ante otros machos ya que esta variedad de comportamiento es la que permite a un señor imponerse al resto de competidores a la hora de quedarse con la chica. Si ella se aparea con un macho que exhiba estos comportamientos estos probablemente pasarían a sus hijos lo que les otorgaría sin dudas ventajas a la hora de reproducirse como resultado de que también se impondrían a sus contemporáneos. Otra característica muy importante que tendrá en cuenta el MSBI de ellas (en todas las primates y sobre todo en las mujeres) es la inteligencia social del chico. Ya que esta importantísima cualidad le permitirá a él, como analizaremos más adelante, lograr que ellas le deseen a ellos por encima, quizás, hasta de chicos de mayor calidad genética.

En este momento también es necesaria la actuación de las zonas prefrontales que nos permiten rememorar cosas y hechos ya que el sistema que evalúa los beneficios directos (MSBD) que él pudiera aportar, necesita aquilatar las aptitudes para ser buen padre, la calidad del



territorio que ofrece o la calidad y cuantía de la ofrenda (comida) que trae el pretendiente. Así que su cerebro también sacaría imágenes de los archivos (memorias episódicas) con el fin de compararlas con las muestras que ofrece el macho pretendiente con la finalidad de asegurarse de que está poniendo sus óvulos en buenas manos. Sacaría también información referente al comportamiento como padres de otros individuos en función de compararlas con las muestras de comportamiento del pretendiente y así valorar sus aptitudes de manera de poder predecir si será capaz de alimentar a la prole de forma conveniente. Un poco más adelante describiremos los comportamientos relacionados con el Mecanismo Selector de Beneficios Directos.

*Peculiaridades de la actuación de los dos mecanismos de selección de pareja*

Tengo la impresión de que ambos mecanismos de selección de pareja funcionan al unísono o casi simultáneamente, realizando cada uno de ellos su correspondiente valoración de manera que resulte de ello la mejor elección posible. Es muy probable que en dependencia de las circunstancias, la decisión de uno de los dos pudiera pesar más que la decisión de la otro. Veamos tres ejemplos.

Los machos de topi, antílopes de tamaño mediano, dominan territorios con gran cantidad de recursos y las hembras normalmente seleccionan el territorio en el que se quedan según la calidad de la hierba. En este caso el Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos (integrado por el comportamiento Instinto Maternal y el comportamiento Miedo-Huída de la amígdala) es quién corta el bacalao. Pero también hay circunstancias en las que quien decide la elección que hará ella es el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos de una topi. (Soler 2012, pag. 235-237). Veamos. En el marco de determinadas condiciones los topi machos no defienden grandes territorios sino leks (pequeñísimos espacios ubicados en las zonas por donde suelen pasar o a las que suelen acudir las hembras en celo). En este caso en el que los individuos no son propietarios de recursos materiales que pudieran ser beneficiosos para la hembra, quien elige al macho es única y exclusivamente el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos. Por su parte los machos de foca gris suelen adelantarse a las hembras y colonizar buenos espacios en la playa que estas precisan para dar a luz a sus hijos. Una vez que esto ha sucedido ellas vuelven a quedar en celo y los machos dueños del territorio generalmente fertilizan a las hembras que hay en él. En este caso es muy posible que el territorio en el que decida quedarse una hembra lo decida su comportamiento Instinto Maternal conjuntamente

con su comportamiento Miedo-Huída de su amígdala. Esto se debe a que los territorios más alejados de la playa ofrecen para madres y crías una mejor protección contra las orcas. Así que en este caso es el MSBD sería quien hace la selección por parte de la chica. Sin embargo se ha podido comprobar mediante estudios de ADN que en el 30% de los casos los hijos de una hembra nacidos en el transcurso de varios años suelen ser del mismo padre con independencia de quien sea el macho que logre controlar los mejores territorios. Esto quiere decir que en el 30% de los casos quien elige pareja es el Mecanismo de la hembra que Selecciona los Beneficios Indirectos que ofrece el macho. (Soler 2012, pag. 235).



**Fig. 3.** En las chicas de topi y en las de foca gris el mecanismo Selector de Beneficios que hace a elección de la pareja depende de las circunstancias.

En el caso de los alces, aunque son poligínicos (las hembras seleccionan a los machos de acuerdo el territorio que estos han logrado conquistar) las hembras también eligen a los machos según el olor de su orina (indicador honesto de buenos genes). Veamos, cuando llega la temporada de apareamiento los alces machos, después de conquistar un territorio, cavan un hueco en la tierra y orinan en él, una vez que van llegando las hembras siguen el rastro oloroso dejado por el orine de los diferentes machos hasta que dan con el que les parece más apetecible y van directas a restregarse en él con pasión y deleite. Predeciblemente este comportamiento, el adquirir el olor del macho mediante su orine, hace que este las reconozca como parte de su harén y no las expulse, como suele sucederle a las hembras que no logran impregnarse del olor del macho o que no alcanzan la calidad genética exigida por este. Normalmente la mayoría de las chicas eligen a los machos que se encuentran en el apogeo de su esplendor genético y se producen verdaderas batallas entre las hembras para poder impregnarse del olor del macho que han elegido como pareja debido a que es posible que ello es lo que garantiza que este macho será el padre de sus hijos. Estos hechos probablemente nos estén sugiriendo que en las hembras de alce, una especie poligínica (en las hembras elige el MSBD, quien se encarga de hacerlas desear



**Fig. 4.** En las chicas de alce los dos mecanismos selectores de beneficios contribuyen a la elección de la pareja.

aparearse con un macho poseedor de un buen territorio), el Mecanismo Selector de Beneficios Indirectos, su comportamiento de Apareamiento, desempeña también un papel primordial en la elección de la pareja.

Dejaremos por un momento el estudio del desarrollo del proceso reproductivo con el objetivo de analizar como podrían funcionar los dos mecanismos selectores de pareja en nosotros los humanos.

**¿Cómo funcionan el MSBD y el MSBI en nosotros? ¿Existe información (de procedencia genética) en alguno de estos dos mecanismos que haga que las mujeres prefieran emparejarse con hombres mayores que ellas?**

*El Mecanismo selector de Beneficios Directos. MSBD*

Samuli Helle de la universidad de Turku Finlandia realizó un estudio sobre los Sami (un pueblo que vivía del pastoreo de sus rebaños y que eran monógamos) en los siglos del XVII al XIX (Soler 2012, pag. 130). Llegando a la conclusión de que la diferencia de edad óptima entre hombres y mujeres para establecer una relación era de 15 años ya que lo más usual era que las jóvenes de 15-17 años contrajeran matrimonio con hombres de más de 30 años. Este estudio y algunos otros han hecho que algunos especialistas de gran prestigio concluyesen que es lógico pensar que las hembras de nuestra especie prefieren para emparejarse a hombres mayores que ellas. ¿Es realmente esto así? Podemos llegar a esta misma conclusión analizando el funcionamiento de ambos mecanismos de selección de pareja en las hembras de nuestra especie?

Otro estudio conjunto de especialistas de las universidades de Stirling UK y de Miami Usa (Soler 2012, pag. 128) encontró que las mujeres piden y los hombres ofrecen más seguridad económica. Mientras que el atractivo físico era solicitado más por los hombres y ofrecido más por las mujeres. También otro estudio de la

universidad Autónoma de Madrid corroboró que las mujeres de 40 años a la hora de buscar pareja solicitan sobre todo un sólido status económico y dan menos importancia al físico mientras que las mujeres de menos de 40 años dan más importancia al físico y menos al status económico (Soler 2012, pag. 137).

Estos ejemplos referidos nos demuestran que sin lugar a dudas las hembras de nuestra especie, a la hora de buscar pareja, tienen muy en cuenta el aspecto económico, lo que quiere decir que el mecanismo que selecciona los beneficios directos MSBD, en el que, como luego explicaremos, participa la amígdala, el comportamiento Instinto Maternal (el Attachment) desempeñan un papel preponderante a la hora de elegir con quien se establecen como pareja. Teniendo en cuenta lo que sabemos del MSBD, ¿es posible que este disponga de una información que haga que las mujeres elijan como pareja a machos mayores que ellas, tal y como parece explicar el estudio sobre los Sami?

Todas las hembras de especies que eligen a los machos, preferentemente enfocando su elección en los beneficios directos que este le pueda aportar, siempre escogen machos mayores que ellas en el comienzo de su vida reproductiva, machos de similar edad en la etapa media de su vida y machos más jóvenes que ellas durante la última etapa de su vida reproductiva. Y ello ocurre así porque normalmente los machos que se encuentran en la etapa de máximo esplendor de sus genes son los que consiguen los mejores territorios y los que son capaces de aportar más recursos a la crianza de la descendencia. Así que predeciblemente el Mecanismo del cerebro de las hembras que Selecciona a los machos según los Beneficios Directos que estos podrían aportar a la relación, en ningún modo estaría focalizado a la elección de un macho mayor sino simplemente en la elección de un macho en la etapa de máximo esplendor de la apoteosis de sus genes. Por otra parte, como explicaremos más adelante, los comportamientos que forman parte del MSBD por lo general no contienen información acerca de las características físicas del macho pretendiente sino que predeciblemente solo disponen de información acerca de los recursos que pudiera haber en un determinado territorio (Enfado-Ataque de la amígdala), información acerca de la protección contra depredadores que puede ofrecer un determinado territorio (comportamiento Miedo-Huída de la amígdala), información acerca de las aptitudes de un macho para ser un buen padre (comportamiento Instinto Maternal). Ambos hechos nos indican que es muy probable que el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Directos que pudiera aportar un hombre a la relación de pareja no contaría con ningún tipo de información que hiciese que una mujer deseara elegir para emparejarse preferentemente a un hombre mayor que ella. De manera que el hecho



**Fig. 5.** Un estudio sobre los sami parece argumentar la idea de que las mujeres eligen hombres mayores que ellas para casarse.

de que las mujeres Sami eligiesen a hombres mayores que ellas para emparejarse no podría ser consecuencia de un sesgo genético relacionado con el MSBD (comportamiento Attachment) sino que pudo ser el resultado de las leyes, reglas y normas de conducta imperantes en la sociedad que les tocó vivir. ¿Y que sucede cuando quien elige pareja es el Mecanismo que selecciona los Beneficios Indirectos?

*El Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos. MSBI. El comportamiento Apareamiento*

*¿Elige el MSBD de las chicas para emparejarse a hombres mayores que ellas?*

Es cierto que a lo largo de la historia reciente de nuestra especie lo usual era que los hombres solo alcanzaran la posibilidad de ofrecer a una mujer suficientes recursos bastante después de haber pasado por la etapa de apogeo del esplendor genético. Lo que sucedía en la sociedad Sami. Sin embargo en la sociedad actual, en la que el estado se ocupa de suministrar gran parte de las necesidades de las personas, normalmente las chicas jóvenes eligen como pareja a chicos que se encuentran en la etapa de máximo esplendor genético, chicos de edad ligeramente superior a la suya. Es más, el que un hombre de treinta y tantos años esté relacionado sentimentalmente con una chica de 15 (lo que era usual en el mundo de los Sami) está muy mal visto desde el punto de vista moral y hasta penado por la ley en muchos países. No con la intención de prohibirle a una mujer joven que elija para emparejarse a un hombre bastante mayor que ella sino por la razón contraria. Esto se hace con el fin de que la chica pueda elegir de forma completamente libre al hombre con el que desea establecer una relación de pareja (para que quien realice la elección sea únicamente el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos). Preguntémonos ahora. ¿Dispone el MSBI de una mujer de información que la haga

desea emparejarse con un hombre mayor que ella?

El MSBI está encaminado a lograr que la hembra seleccionen machos con buenos genes ya que esos genes pasarán a sus hijos y ello les otorgará ventajas a la hora de sobrevivir y a la hora de encontrar pareja para continuar transmitiéndolos. Los buenos genes garantizan que tanto el padre como los hijos contarán con una buena resistencia contra parásitos y contra enfermedades, también garantizan un alto nivel de competitividad a la hora de eludir depredadores, cuando tengan que buscar comida o defender un territorio y por último un padre guapo tendrá hijos guapos que a su vez tendrán ventajas a la hora de ser elegidos por las hembras (Soler 2012, pag. 105).

¿Dispone el Mecanismo (del cerebro de la mujer) que Selecciona los Beneficios Indirectos información innata acerca de las características físicas y de comportamiento que debe elegir en un hombre?

Como se explicó en el artículo "Las tres gracias vs. Kate Moss" publicado en esta misma revista, un input de índole genético acerca de lo bello y apetecible en la pareja que no fuese capaz de modificarse a través de la experiencia del propio individuo frenarían los procesos de especiación, los procesos de salida de situaciones de cuello de botella y los procesos adaptativos. Esto quiere decir que lo más probable es que el mecanismo (Selección de Beneficios Indirectos) que nos hace encontrar bello y apetecible un determinado rasgo o característica de la pareja (físico o de comportamiento) dispone de un mecanismo de impronta que elaboraría una especie de retrato robot que en teoría se iría formando durante la primera etapa de la vida de los individuos (un sistema de troquelado probablemente similar al que crea en el hijo la imagen de la madre). "De niños creamos una lista inconsciente de lo que buscamos en una pareja." (Fisher 2). Como explicamos en el artículo al que hacemos referencia, este Mecanismo Selector de Beneficios Indirectos copiaría las características que más se repiten en el entorno del individuo, lo que quiere decir que el retrato robot que guía la selección de la pareja estaría configurado por una mezcla de las características de los individuos más exitosos del momento. (Ello es precisamente lo que haría viables los procesos de especiación y adaptación). Sujetos que previsiblemente se hayan en la etapa de máximo apogeo genético. (Pérez 2013).

Cuando escribí el artículo pensé que quizás este no fuera un mecanismo que pudiera existir en todas las especies puesto que si el retrato robot, como todo parece indicar, se confeccionaba durante la infancia de los individuos, las especies parásitas como el críalo elegirían para aparearse a individuos de las especies que parasitan, en este caso las urracas, como consecuencia de que son

quienes, como padres adoptivos, les acompañan durante toda la primera etapa de sus vidas. Situación que no sucede así, los críalos se aparean con sujetos de su misma especie y en ningún momento intentan aparearse con urracas. De aquí que pensara que era completamente imposible que el mecanismo de troquelado propuesto pudiera funcionar en las especies parásitas. Pero releendo ese magnífico libro que es "Adaptación del comportamiento" encontré que los padres verdaderos (críalos) visitan el nido de las urracas donde están sus poyuelos muy a menudo y que una vez que salen los hijos del nido se reúnen con sus padres verdaderos para enterarse de que especie es a la que pertenecen y de sus comportamientos típicos. (Soler 2012, pag. 80). M. Soler nos explica que en el caso de estas especies el mecanismo de troquelado que crea la imagen de los padres en el cerebro de los pollos de críalo no hace su función (como en el resto de las especies de aves) durante los primeros días de vida sino que entra en funcionamiento mucho después, cuando los pollos entran en contacto con sus verdaderos padres. Logrando con esto que no se forme en el mecanismo cerebral que les indica quienes son sus padres y a que especie pertenecen la imagen de las urracas (padres adoptivos) sino la imagen de sus verdaderos padres, los críalos. Así que de igual manera que se ralentiza el mecanismo de impronta que le dice a un críalo quien es su verdadera madre, podría también ralentizarse el mecanismo de troquelado que confecciona en las especies parásitas el retrato

robot de las características de lo bello y apetecible en la pareja hasta el instante en el que entran en contacto con sus verdaderos padres.

Esto que acabamos de exponer me alienta a pensar, aún con más convicción, en el hecho de que es muy probable que el mecanismo que indica los rasgos a seleccionar en la pareja (Selección de Beneficios Indirectos) no trae información transmitida a través del genoma sino que crea una imagen robot, mediante un sistema de troquelado, de las características más comunes de los adultos del entorno. Es decir, es un sistema que recibe la información a partir de la experiencia del individuo. Y la convicción parte de la circunstancia de que la selección natural no logra poner por mecanismos biológicos (modificación de las instrucciones genéticas) en el cerebro de las aves la información acerca de quienes son sus padres y no solo eso, tan poco puede escribir (por mecanismos biológicos) la información acerca de las características físicas y de comportamiento de la propia especie a la que pertenecen los individuos. Preguntémosnos: si la selección natural no es capaz (por medio de los genes) de inscribir en la mente de los sujetos esta variedad de información tan simple, elemental e importante (quién es tu madre, cuál es tu especie) ¿cómo entonces va a ser capaz de escribir (por mecanismos biológicos) algo tan sumamente complejo como lo es la información acerca de las características físicas y de comportamiento que debe seleccionar el MSBI? Resumiendo. Nuestra corteza sensorial solo se vuelve capaz de generar imágenes (las imágenes que percibimos y recordamos) una vez que los objetos de la realidad objetiva logran estimular las neuronas que se encargan de fabricar estas imágenes. Pongamos un ejemplo, para que un patito pueda percibir a su madre, para que su corteza visual pueda construir la imagen de su madre, primero es imprescindible que la presencia de la progenitora sea captada por sus retinas y que estas envíen una señal a la corteza visual. Una vez allí se activarán a un conjunto de neuronas específicas y por primera vez el patito podrá construir la imagen de otro pato. Esta es la razón por la que la selección natural no puede poner en la corteza cerebral del patito la imagen de su madre, ya que las neuronas que la generarán solo se vuelven capaces de producir imágenes después de que han sido activadas por los objetos de la realidad objetiva.

Tuve la oportunidad de preguntar directamente al propio profesor Manuel Soler acerca de: ¿si él creía que los críalos nacidos de los huevos que depositó en nidos de urracas en zonas de Francia (en la que no había poblaciones de esta ave) se habrían podido llegar a reproducir? Y él me respondió que, aunque el experimento concluyó una vez que los pollos habían nacido, por lo que no hay ningún tipo de información al respecto, personalmente pensaba que no lograrían



**Fig. 6.** De igual manera que se ralentiza la puesta en marcha del sistema de troquelado que fija en el críalo (derecha) la imagen de su verdadera madre, podría posponerse también la puesta en marcha del sistema de impronta que crea la imagen de lo bello y apetecible en la pareja (la imagen que utiliza el MSBI para medir la calidad genética de los pretendientes). Esto quizás es lo que evita que los críalos no se apareen con sujetos similares a sus padres adoptivos, las urracas (izquierda).

reproducirse. Si se llegase a poder comprobar que esto sucede así, que los críalos que no tienen referencias acerca de su propia especie son incapaces de llegar a reproducirse. Se estaría demostrando que la información que le indica al MSBI de un individuo, los rasgos físicos y de comportamiento a elegir en una pareja, no es el resultado de un input genético sino que es conocimiento que se adquiere durante la vida del sujeto. Tal y como se sugiere en el artículo mencionado (Las tres Gracias VS Kate Moos).

Pero esta idea que parece bastante razonable no sirve para explicar la existencia de los caracteres sexuales secundarios. De hecho, deshace la explicación que nos ofreció Darwin y que venimos empleando hasta ahora.

### *El problema de los caracteres sexuales secundarios*

Veamos, los caracteres sexuales secundarios son atributos físicos y de comportamiento (indicadores fieles de excelencia genética) que muestran los individuos de algunas especies pero que no tienen ningún carácter adaptativo sino que más bien pudieran perjudicar en alguna medida el buen desenvolvimiento del sujeto que los posee. Así que Darwin propuso que su existencia solo sería posible si a través de mecanismos biológicos (modificación de las instrucciones del genoma) se transmitiese de generación en generación la preferencia por estas características físicas no adaptativas.

¿Cómo se podría explicar esto? El problema no es nada sencillo ya que muchos de los caracteres sexuales secundarios, como mencionamos, no son adaptativos. No mejoran las facultades del individuo para beneficiarse del medio, ni para protegerse de los depredadores. Este es el caso de las enormes colas de los pavos reales. Y el mecanismo de impronta anteriormente descrito solo nos explicaría la elección de los rasgos adaptativos. Así que necesariamente, para que pueda existir una característica perjudicial como esa gran cola de los pavos reales, es preciso que exista un input genético (no modificable con la experiencia) que haga que las hembras deseen machos con esas colas enormes, tal y como propuso Darwin. ¿Existe ese tipo de información en el mecanismo (del cerebro de las hembras) que Selección Beneficios Indirectos?

Como nos explica M. Soler, es un hecho que en muchísimas especie insectos, peces, aves y mamíferos las hembras eligen a los machos más simétricos. A esto tenemos que agregarle la importancia de la proporción áurea que está omnipresente en todo lo vivo. Tanto la simetría como la armonía (relación entre las partes del todo a través del número  $\Phi$ ) en volúmenes, colores, formas y diseños (lo mismo sucede con los sonidos y olores) están profusamente diseminadas allí donde quiera que se mire. La

simetría y la armonía son sin paliativos la arquitectura de la vida, los fundamentos magistrales que parecen regir cualquier diseño de organismo vivo. Mi idea es que una gran cola como la del pavo real es una exaltación superlativa de la arquitectura de la vida, una evidencia monumental e insoslayable de que el macho está muy bien "construido" por lo que necesariamente dispondrá de un buen sistema inmune, una buena resistencia ante los parásitos, una gran capacidad para eludir depredadores y gran destreza para encontrar y obtener comida (Soler 2012, pag. 112 y 120). Así que si una hembra elige a este macho sus características de simetría y armonía pasarán a sus hijos por lo que estos también tendrán ventajas a la hora de sobrevivir y de encontrar pareja. Nosotros, que no somos hembras de pavo real, encontramos bellas las colas de estos individuos y es impensable que la selección natural se haya ocupado de desarrollar en nuestra especie las instrucciones genéticas que nos hagan encontrarlas bellas. Ello corroboraría la idea de que pudiera existir en todos los cerebros (predeciblemente en todas las especies) una variedad de información muy general acerca de lo que es bello y agradable a la vista basada en las características omnipresentes de la arquitectura de la vida (la simetría y la armonía). De aquí que sea lógico suponer que no es necesario que la selección natural desarrolle en específico unas instrucciones genéticas que hagan que las hembras de pavo real encuentre bellas y atractivas las grandes colas de los machos porque el sesgo sensorial hacia la simetría y la armonía en formas, colores y volúmenes ya es más que suficiente para que estas deseen a los machos que exhiben grandes manifestaciones de dichas características. Es lógico también suponer que una vez que existe el carácter (la bonita cola) esta paulatinamente fuese proliferando y creciendo debido a que las hembras lógicamente seleccionarían la exaltación más grande de la arquitectura de la vida. Y el límite del crecimiento estaría fijado por las posibilidades



**Fig. 7.** El pavo real. Los caracteres sexuales secundarios podrían no ser consecuencia de un input genético.

reales de un sujeto para poder sobrevivir y reproducirse con una estructura no adaptativa tan sobredimensionada. En otras palabras, la predilección por la simetría y la armonía podría explicar la existencia de los caracteres sexuales secundarios (no adaptativos).

Pero en contra de esta idea se levanta como un muro infranqueable la circunstancia de que la selección natural no es capaz de escribir ningún tipo de información en la corteza sensorial (en este caso visual). Ni siquiera una imagen acerca de la simetría o de la armonía ya que las neuronas encargadas de fabricar dichas imágenes solo se volverán capaces de hacerlo después de que hayan sido estimuladas por los objetos de la realidad objetiva. ¿Por qué entonces existe la predilección por la simetría y la armonía? La predilección por la simetría y la armonía tampoco tendría que ser transmitida por medio del genoma para que los individuos mostrasen apetencia de ellas a la hora de seleccionar pareja. Al menos en los individuos con corteza cerebral no es indispensable que nazcan poseyendo en sus cerebros un input genético que los haga encontrar bellas y deseables las manifestaciones extremas de la arquitectura de la vida (la simetría y armonía de la cola de un pavo real) ya que esta predilección podría configurarse también por medio del mismo mecanismo de impronta que crea en el individuo el retrato robot de las características deseables y apetecibles en la pareja. Tengamos en cuenta que la armonía y la simetría están profusamente diseminadas por doquier, así que de existir un mecanismo de impronta o troquelado encargado de fijar las características más comunes de los seres vivos que pululan por el entorno, sería inevitable que se formara en este sistema que selecciona Beneficios Indirectos una predilección por la armonía y la simetría (mientras más grande y ostentosa, mejor). Esta sería la razón que nos permitiría explicar porque nosotros también encontramos bellas las colas de los pavos reales.

*Continuamos analizando si pudiese existir en el MSBI (comportamiento Apareamiento) algún tipo de información de procedencia genética que hiciese que las mujeres desearan aparearse con hombres mayores que ellas*

Habiendo ofrecido una explicación para el dilema de los caracteres sexuales secundarios no adaptativos ahora nos toca intentar dar respuesta la pregunta de si el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos (del cerebro de una mujer) pudiera elegir hombres mayores que ella para aparearse.

Como hemos observado en la explicación expuesta, el MSBI de una chica predicablemente configura una especie de imagen robot de las características físicas y de comportamiento que más se repiten en los machos adultos de más

éxito que viven en su entorno (Pérez 2013). Machos que se encuentran en la etapa de máximo esplendor de sus genes (esta circunstancia es la que garantiza su éxito). Dicha fotografía es el patrón que va a servir al MSBI de la chica para comparar en el futuro a todos los machos aspirantes a ser elegidos como pareja. Cuando la imagen, tanto física como de comportamiento, del pretendiente coincida con la imagen del retrato robot este será aceptado por el MSBI. Esta es la razón que me hace pensar que el Mecanismo del cerebro de una mujer que Selecciona los Beneficios Indirectos que pudiera aportar un hombre a sus descendientes podría disponer de un retrato robot de los chicos más exitosos del entorno (hombres en la etapa de máximo apogeo de la plenitud genética). Ello provocaría que este mecanismo, tal y como lo hace en las hembras de chimpancé, bonobo y del resto de los primates, elegiría durante el inicio de la vida reproductiva de la chica a machos mayores que ella, durante la etapa media de su vida reproductiva se decantaría por machos de similar edad a la suya y el cenit de la vida reproductiva optaría seleccionar a machos de menor edad que ella. Un ejemplo de que ello pudiera suceder así es el caso de la recientemente fallecida Duquesa de Alba. Vaya para ella todo mi respeto. En las elecciones de pareja que hizo doña Cayetana a lo largo de su vida jamás intervino el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Directos que un hombre podía aportar a su relación puesto que debido a las cuantiosas riquezas que poseía nunca necesitó a su lado a un señor por razones económicas. Todas las parejas conocidas de la Duquesa fueron elegidas única y exclusivamente por el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos (buenos genes) y las elecciones que hizo este a lo largo de la vida reproductiva (que solo terminó con su muerte) de Doña Cayetana, en lo concerniente a la edad de sus parejas con relación a la suya, coinciden ciento por ciento con las elecciones que hace a lo largo de su vida reproductiva cualquier otra hembra de primate. Durante el comienzo de esta se emparejó con hombres mayores que ella, en la etapa media se emparejó con señores de edad similar a la suya y algo más jóvenes y al final de su vida reproductiva se emparejó con hombres mucho más jóvenes que ella. El caso de Carmen Martínez Bordiú y de Carmina Ordóñez es muy similar. Son mujeres que tampoco han necesitado a su lado a un hombre por razones económicas y por esta circunstancia puede descartarse del todo el que pudiera haber intervenido en sus elecciones de pareja el MSBD. Es decir, todas sus parejas predicablemente han sido también elegidas única y exclusivamente por el MSBI, el sistema que selecciona buenos genes. Y la relación de su edad con la edad de sus parejas también coincide con la relación entre la edad de las chimpancés y la edad de los machos con los que se aparean. Al comienzo Carmina y Carmen



**Fig. 8.** Aquí ofrecemos tres ejemplos de que cuando el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos es quién elige la pareja, la relación entre la edad de ella y la edad de sus maridos es similar a la relación entre la edad de las chimpancés y la edad de los machos con los que se aparean.

se casan con hombres mayores que ellas, durante la etapa media se emparejaron con hombres de edad muy similar a la suya y en estos momentos Carmen M. Bordiú se haya casada con un hombre bastante más joven que ella mientras que la última relación de Carmina Ordóñez fue con un hombre mucho más joven que ella.

Estos tres casos son ejemplos fehacientes de que cuando no interviene en la elección de pareja el Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos, el MSBI de las mujeres escoge al principio a hombres mayores que ellas, durante la etapa media de su vida reproductiva selecciona a hombres de similar edad a la suya y al final escoge a hombre más jóvenes que ellas. Esto a su vez pudiera ser la prueba de que el sistema de impronta que utiliza el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos, para confeccionar el retrato robot con el que se va a comparar todos los futuros pretendientes, dispone de una imagen elaborada por este sistema de troquelado a base de los rasgos más comunes los de los machos con más éxito del entorno, machos que por supuesto, se encuentran en la etapa de máximo esplendor genético.

#### *Importancia de la Inteligencia social de un sujeto a la hora de ser seleccionado por el MSBI de otro individuo*

Para concluir este espacio tenemos que agregar que el grado de inteligencia social de la que disfrute un hombre también tiene mucho que ver con el echo de que el MSBI de ella le seleccione a él, quizás, en detrimento de candidatos más jóvenes y más guapos. ¿Por qué esto pudiera suceder así? En un primer momento la inteligencia social le da a un sujeto la posibilidad

de entrar en la mente de la mujer que pretende y descubrir como es exactamente la pareja que desea tener su MSBI. Y en un segundo momento le permite a ese señor transformarse, en la medida de lo posible, en ese hombre que desea el MSBI de la chica de la que se ha enamorado. En un tercer momento la inteligencia social (como explicaremos al final del artículo) le permite a este individuo desarrollar el tipo de conductas necesarias para que el MSBI de ella no active la cuenta atrás de manera que ella esté toda la vida enamorada de él. Si bien la inteligencia social es consecuencia de una configuración cerebral determinada (que la facilita), en esencia, es un conjunto de conocimientos (Pérez 2014 (2)). Así que la experiencia de vida juega un papel importantísimo a la hora de adquirir este maravilloso bien cognitivo. Esta circunstancia a veces pudiera hacer posible que un hombre que no se acerca a los parámetros que normalmente elegiría el MSBI de una mujer, pueda ser seleccionado por este de manera que ella se sentirá enamorada de él. Ahora, estos casos son la excepción de la regla, lo normal, como explicaremos más adelante, es que la inteligencia social de un hombre sea capaz de hacer que el MSBD de ella se decante por él. Circunstancia que hará que ella se sienta feliz a su lado por intermedio del conjunto de emociones, sentimientos y sensaciones (Attachment) características del comportamiento Emparejamiento.

#### *La cordura a la hora de la elección de pareja*

Lo que acabamos de explicar, sin dudas, induciría a pensar que las mujeres, cuando no participa en la elección de la pareja el Mecanismo de Selección de Beneficios Directos, siempre tienden a emparejarse con hombres que se hayan en la etapa de máximo esplendor genético, sin embargo ello no siempre sucede así. Normalmente evitan que el individuo sea en exceso mucho más joven que ellas, ¿por qué sucede esto? Como hemos explicado en el artículo anterior (Pérez 2014 (2)), los comportamientos del sistema límbico se informan de como funciona el mundo a través de los conocimientos que se crean en la corteza cerebral. Estos se encargan de informar a las chicas de que si el chico es mucho más joven que ellas (imagen causa) lo más probable es que solo esté interesado en tener sexo ocasional (imagen consecuencia) y nada más (esta es la estrategia reproductiva por excelencia de todos los machos. Y como el comportamiento de Apareamiento de las mujeres está configurado más, para realizar un emparejamiento de media o larga duración, que para obtener sexo esporádico (esta es la estrategia reproductiva de las hembras), el MSBI de las mujeres, sobre todo en la etapa media y final de su vida reproductiva normalmente elige a hombres solo un poco más jóvenes que ellas,

teniendo muy en cuenta su propia edad física (la edad que aparenta) y la edad física del pretendiente. Repito, esto predeciblemente ocurre así solo cuando en ninguna de las dos partes de la pareja entra en juego el Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos. Cuando el MSBD entra en juego si se dan, en ambas direcciones, parejas en las que uno de los dos miembros puede superar en gran medida la edad del otro.

¿Por qué cuando interviene, por parte del miembro más joven, en la elección el Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos si se dan grandes diferencias de edad entre los dos miembros de la pareja? Como explicamos anteriormente el MSBD no cuenta con ninguna información acerca de la edad que debe tener la pareja ya que predeciblemente está integrado por el comportamiento Instinto Maternal, por la amígdala (enfado-Ataque y Miedo Huída). Estos comportamientos, respectivamente, solo estarían interesados en que el individuo sea un buen padre y en que sea capaz de aportar muchos y satisfactorios beneficios materiales a la relación. Ello permite a un individuo, sea hombre o mujer, ser aceptado por el MSBD de un sujeto mucho más joven, del sexo que le interese. Circunstancia que normalmente no sucede cuando no se dispone de cuantiosos recursos económicos.

Ahora nos gustaría reafirmar que el hecho de que se produzcan estas grandes diferencias de edad entre los dos miembros de la pareja, cuando quien interviene en la elección por parte del miembro joven es el MSBD, es una prueba de que en todos los miembros de nuestra especie el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos dispone de información (vivencial) que nos hace desear elegir parejas en la etapa de máximo apogeo del esplendor genético. El hecho de que deseemos, con independencia de nuestra edad, tener como pareja a individuos en la etapa de máximo esplendor genético es lo que lleva a personas de ambos sexos, con suficientes recursos y ventajas que ofrecer, a elegir a parejas mucho más jóvenes que ellas, parejas que se encuentran en la etapa de máximo esplendor del apogeo genético.



**Fig. 9.** El que sujetos muy mayores desean a su lado a individuos mucho más jóvenes que ellos podría ser una prueba de que el MSBI selecciona preferentemente a individuos que se encuentran en la etapa de máximo apogeo genético.

Para concluir me gustaría volver a analizar el estudio sobre los Sami que sirvió de fundamento para la idea de que las mujeres eligen para emparejarse a hombres mayores que ellas. Al no existir ni la separación ni el divorcio entre los Sami, el estudio solo nos revela la edad masculina elegida por las chicas al comienzo de su vida reproductiva. No nos permite valorar si en un momento posterior, de tener que iniciar una nueva relación (cosa que no ocurría entre los Sami debido a que sus normas de conducta les obligaban a ser estrictamente monógamos), también escogerían hombres 15 años mayores que ellas. Mi opinión es que no.

Después de explicar el papel que desempeñan el MSBD y el MSBI, continuaremos ahora explicando la tercera fase del proceso reproductivo.

### **Tercera fase del proceso reproductivo. El sentimiento de pertenencia**

La sensación de que otro individuo nos pertenece se produce, tanto bajo la influencia del comportamiento Búsqueda de Pareja (un espalda plateada o un cebrá siente que las hembras de su harén le pertenecen a ellos aunque estas no estén en celo), como del comportamiento Apareamiento (un elefante siente que la chica que ha conquistado es suya y de ningún otro), como del comportamiento Emparejamiento (una acentor común siente que su macho le pertenece a ella y a ninguna otra). Esto sucede de esta forma porque es imprescindible que el sujeto se asegure de que va a ser él y no otro el que va a tener la posibilidad de pasar los genes a la próxima generación. Así que cuando las hembras están ampliamente dispersas la mejor estrategia del macho es pegarse a una y defenderla de manera de asegurarse de ser el padre de todos sus descendientes. (Clutton-Dieter). Muchos machos de muchas especies tienen tendencia de permanecer junto a la hembra para evitar que pueda copular con otros machos. Por ello la sensación de pertenencia que experimentamos. Sentimos que es nuestra y de nadie más. (Soler 2012, pag. 168). Por ello probablemente aparece la necesidad de que los machos sientan que las hembras que han sido seleccionadas por su MSBI, tanto si están en celo como si no, son de su propiedad, que les pertenecen a ellos del mismo modo que sienten que les pertenece el territorio en el que viven, los recursos que hay en este, el abrevadero y el refugio en el que se guarecen. Esta sensación de pertenencia, de propiedad sobre la hembra, predeciblemente vinculada a la amígdala medial (comportamiento Enfado-Ataque), es la que podría hacer que el individuo sienta un enfado segador, una furia avasalladora cuando ve que algún otro pretende a la chica que él ya considera suya. En el momento en el que te enamoras de alguien te vuelves



extraordinariamente posesivo. "En todo el mundo la gente vive por amor, mata por amor y muere por amor." (Fisher 1). Natalia López Moratalla explica en un interesante video didáctico de la Universidad de Navarra, que se puede encontrar en YouTube (El cerebro enamorado), que la sospecha de infidelidad hace que se disparen en los hombres la producción de dihidrotestosterona, lo que provoca un gran deseo de agresión física. Esto quizás pudiera estar indicándonos que este mecanismo también podría existir y funcionar de la misma forma en los machos del resto de las especies ya que un mecanismo de estas características sería también capaz de impulsar a un espalda plateada, a un topy a un nutria gigante, a un gibón, a un ganso, a un cebra, a un castor, a un poku y a muchos otros machos de distintas especies, tanto polígamas como monógamas, para que se mantengan al lado de una o de varias hembras, según la especie, de manera de poder acceder a ellas cuando estas caigan en celo. El que un macho permanezca al lado de una o de varias hembras impidiendo con ello que otros machos se acerquen a estas es una buena estrategia evolutiva ya que garantiza así que sean sus genes y no los de otro los que pasen a la siguiente generación. (Clutton-Brock). Tanto en el caso de las especies monógamas como en el de las especies poligínicas el sentimiento que experimenta un macho de que las hembras le pertenecen a él y a ningún otro es lo que provocaría que este se pegara a la o a las hembras y que las defendiese para sí de la misma forma que ocupa y defiende un territorio.



**Fig. 10.** El sentimiento de pertenencia es predeciblemente lo que hace que los machos permanezcan al lado de las hembras cuando estas no están en celo y cuando lo están. (Soler 2012, pag. 68).

#### *Relación entre la fuerza de la sensación de pertenencia y la calidad genética de la chica*

El trabajo de la selección natural va en la dirección de otorgar ventajas individuales a cada ser. De aquí que no sea lógico suponer que la sensación de pertenencia que esta diseña actúe con intensidad uniforme en todos los casos, todo lo contrario, esta debería actuar con fuerza diferente de manera que una chica de muy buenos genes despierte en el sujeto una necesidad de pertenencia mucho mayor que la que provocaría una hembra de poca calidad genética. Pero para

determinar la calidad genética de una chica la selección natural necesitó diseñar un mecanismo encargado de juzgarla, nos referimos al Mecanismo Selector de Beneficios Indirectos (MSBI) que una hembra puede aportar a la descendencia. El hecho de que los papiones amarillos luchan por una hembra de gran hinchazón en el trasero (Soler 2012, pag. 120) nos indica dos cosas muy importantes, la primera de ella es que los papiones sienten, al igual que nosotros, que la chica les pertenece a ellos y a ningún otro. Y la segunda cuestión es que el hecho de que todos prefieran a la chica con el trasero más voluptuoso es una prueba de que la sensación de necesidad de pertenencia es mucho mayor cuando la chica tiene buenos genes, de no ser así en ningún modo arriesgarían sus vidas por una chica en específico habiendo otras con las que copular.

#### *Sensación de pertenencia en las chicas*

¿Por qué aparecería también en una hembra la sensación de que un macho le pertenece? Una hembra que permite que su macho de buenos genes copule con otra está permitiendo que nazcan individuos que en el futuro podrán hacerle la competencia a los suyos. Así que el comportamiento Apareamiento necesariamente desarrollaría en la chica la sensación de que él le pertenece para garantizar así que ella luche por mantenerlo a su lado impidiendo que copule con otras, consiguiendo con esto que su descendencia tenga mejores oportunidades de sobrevivir. Es lógico pensar que la sensación de pertenencia, cuando es generada por el comportamiento Apareamiento (MSBI) pudiera activarse unida a la emoción que llamamos Celos, de manera de obligar a la chica a través de esta a que luche por su macho. Por otra parte una hembra que permite que su macho de peor calidad genética pero con un buen territorio o que ha demostrado que va a ser un buen padre se valla con otra está poniendo en peligro la supervivencia de su prole y dando ventajas a la prole de otra hembra. Así que la selección natural necesariamente tuvo también que desarrollar en el marco del comportamiento Empareamiento (MSBD) el sentimiento de pertenencia para hacer que ellas luchasen por mantener a su lado al sujeto.

Veamos un ejemplo de como es predecible que funcionen los celos. El acentor común es un ave que se empareja de forma poligínica (un macho integra un aren con varias hembras) si hay muchos recursos y en forma poliándrica si hay pocos recursos y la hembra necesita aparearse con un segundo macho para que ayude en la crianza y alimentación de los pollos. A pesar de ello un macho siempre trata e echar fuera a un segundo macho y una hembra siempre trata de echar fuera a una segunda hembra (Soler 2012, pag. 223-224). Esto es evidencia de que el MSBI



**Fig. 11.** La acentor común, una prueba de que ellas también sienten que su pareja les pertenece.

por parte de él y el MSBD por parte de ella hacen que su portador experimente celos del nuevo consorte elegido por su pareja para que de esta manera el sujeto luche por echar del nido a la o al advenedizo.

También las chicas jacanas consideran que el macho que ha aposentado en su territorio es de su propiedad. Las hembras de alce luchan entre ellas por restregarse en la orina del macho que han elegido.

¿Que mecanismo neurológico podría estar actuando aquí? En nuestro caso la sospecha de infidelidad (cuando experimentamos la emoción que denominamos celos) hace que la amígdala derecha de un hombre active la producción de dihidrotestosterona lo que provoca el aumento del deseo de confrontación física (López Moratalla). Este mismo mecanismo basado en el sentimiento de pertenencia es el que podría hacer que tanto el macho como la hembra de acentor común lucharan por echar fuera del nido a un posible rival.

#### **Amor. El conjunto de emociones, sentimientos y emociones que nos hace experimentar el Mecanismo Selector de Beneficios Indirectos. El comportamiento Apareamiento**

A partir de que los mecanismos de elección de pareja hacen su trabajo y se genera la sensación de pertenencia, entra por fin en funcionamiento el comportamiento Apareamiento, el proceso neuroquímico que genera el conjunto de sensaciones, emociones y sentimientos que denominamos Amor.

#### **Cuarta fase del proceso reproductivo. Desactivación del sistema de alerta antipeligros**

Hace algún tiempo conocí a través de una amiga a una señora (la llamaremos señora Y) de muy buena presencia, pero que sin embargo no había vuelto a tener ninguna pareja masculina desde que se separó del padre de su hija, el único

hombre de su vida, hacía casi treinta años ya. Ella argumentaba que este sujeto la había engañado con otra mujer y ello le había hecho tanto daño, le había provocado tanto sufrimiento que no había podido volver a confiar en ningún otro hombre y esto era la razón por la que no había querido saber absolutamente más nada del género masculino. Simplemente, aquel suceso desafortunado había provocado que ella no pudiese encontrar un hombre que le gustara lo suficiente como para iniciar una nueva relación de pareja con él. En un principio este argumento me pareció muy válido pero con el tiempo me fui dando cuenta de que no encajaba dentro del marco de la teoría de la selección natural. Veamos. En una gran cantidad de especies, salvo en la etapa de celo, machos y hembras son rivales que compiten por territorio, alimentos refugios y abrevaderos. Los enfrentamientos entre individuos de diferentes géneros son comunes y frecuentes. Esto sin lugar a dudas provoca que toda la información que guarde cualquier sujeto acerca de los miembros del otro sexo de su misma especie está relacionada con agresiones, peleas a vida o muerte y enfrentamientos en los que muchas veces es preciso dejar mal herido o muerto al otro para poder seguir adelante. El objetivo de almacenar esta información es el de que los sujetos puedan disponer de ella para cuando les toque enfrentarse con un miembro de su especie, ya que es imprescindible que se dispare el comportamiento más idóneo para hacer frente de la manera más conveniente al conflicto agonístico en el que se hayan inmersos. Y la experiencia pasada, cuyas imágenes almacenamos en la memoria en forma de recuerdos, es lo que permite al sistema de respuesta (el cerebro) elegir el mejor comportamiento a emplear. Y aquí está el gigantesco problema al que tuvo que enfrentarse la selección natural para poder lograr que dos seres que son competidores y enemigos irreconciliables, que solo guardan del otro recuerdos de agresiones, robos, heridas y muerte pudiesen acercarse lo suficiente el uno al otro, sin ánimo de agredirse, como para hacer posible la cópula. Pongamos el ejemplo de un caso muy común. Los leones después de derrotar al macho de la manada lo primero que hacen es asesinar a las crías con el objetivo de que sus madres vuelvan a quedar en celo lo antes posible. Ellas defienden sus hijos con su propias vidas y en algunos casos salen muy mal pardas. La muerte de los cachorros les produce un dolor indescriptible y un sufrimiento atroz y sin embargo solo unas pocas semanas después vuelven a caer en celo y se aparean con los asesinos de sus hijos como si no hubiese sucedido absolutamente nada. ¿Cómo pudo la selección natural hacer esto posible? ¿Cómo pudo lograr que una leona a la que hace solo unos días le han asesinado a sus hijos pueda aparearse con el macho causante de tanto sufrimiento?

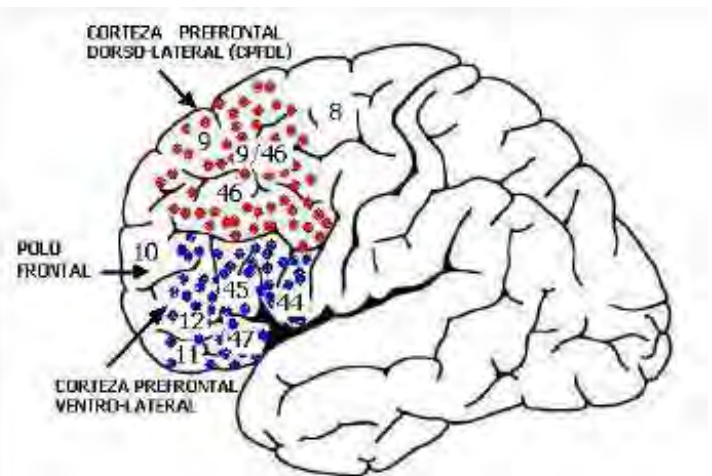
### La cuarta fase del proceso reproductivo

Ahora supongamos que el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos de los dos dan el visto bueno al otro sujeto que se acerca. Cuando esto sucede el comportamiento de Apareamiento de ambos, predeciblemente también radicado en la amígdala lateral, se activa y la región posterior de la amígdala derecha (Gómez Moratalla) encarga a su vez la producción en grandes cantidades de oxitocina. La oleada de esta hormona que invade los cerebros de la chica y del chico tiene dos funciones importantísima. La primera es la de desconectar todas las regiones corticales que nos sirven para valorar los peligros (en nuestro caso, el de los primates, es la corteza prefrontal lateral) ello genera de inmediato en ambos una confianza ciega, y nunca mejor dicho, en que el otro sujeto no le hará ningún daño. Veamos la descripción que hace la Dr. Natalia Gómez Moratalla: "la amígdala recibe la información procedente de los ojos (imagen del pretendiente), la información cognitiva acerca de la relación (si el sujeto viene con intención de copular o con intención de atacar) y la información afectiva (ha sido elegido por nuestro MSBD o por nuestro MSBI y en consonancia, los sentimientos que experimentamos para con este individuo). Información que le llega gracias a las hormonas y neurotransmisores que está mandando a producir el hipotálamo. Después envía mensajes al tronco cerebral impidiendo que se activen el miedo, la aversión o el rechazo. Para ello la región posterior de la amígdala derecha desconecta la corteza prefrontal lateral y todas las áreas corticales que participan en el procesamiento de las emociones negativas (los recuerdos de conflictos, agresiones, robos, ataques, etc). En las mujeres el contacto físico y la mirada hace que se dispare la producción de oxitocina que trae como consecuencia la pérdida del enjuiciamiento." (López Moratalla). Esto, como mencionamos más arriba, es lo que permitiría que ambos se aproximen y entren en contacto. De otra manera, de estar activada las áreas corticales que les previenen de los peligros que pudiera correr estando tan cerca de un miembro de su misma especie (sobre todo si se trata de una pareja de sujetos territoriales), jamás se acercaría a él y por lo tanto la cópula y con ella la reproducción sería por completo imposible.

### Describamos el mecanismo de desactivación de la corteza prefrontal lateral

En realidad lo que pudiera ocurrir es que la oxitocina induce el descenso de la serotonina (el neurotransmisor que facilita el funcionamiento) en la corteza prefrontal lateral. ¿Por qué creemos que esto es lo que sucede? Intuimos que esto ocurre así debido a que las personas que toman a diario antidepressivos, fármacos que elevan los

niveles de serotonina por todo el cerebro, no son capaces de enamorarse ya que, entre otras consecuencias, no pueden confiar en el otro debido a que no se les desactiva la corteza prefrontal lateral como consecuencia de que los niveles de serotonina en esta son muy elevados como resultado de los fármacos que consumen a diario. Así que el aluvión de oxitocina podría ser el mensajero que indica la necesidad de provocar un descenso de la serotonina en la corteza prefrontal lateral de manera que el funcionamiento de esta zona, la evaluación de los peligros a los que pudiéramos enfrentarnos, quedase reducido a la mínima expresión. Por ello es tan importante la fase en la que se evalúa el comportamiento del otro para determinar si viene a aparearse o a atacar. Es realmente trascendente esta fase porque una vez que se activa el proceso de apareamiento y descende el nivel de serotonina en las áreas corticales de alerta antipeligros, los dos individuos se quedan completamente desprotegidos para con el otro ser ya que las zonas corticales que deben prevenirles de algún riesgo están hipoactivas como consecuencia del descenso de la serotonina que provoca la oleada de oxitocina (López Moratalla). La hipoactividad de la corteza prefrontal lateral provoca en nosotros una confianza sin límites en el sujeto elegido por nuestros mecanismos de selección de pareja, sobre todo el MSBI. Sentimos que una persona que quizás hemos visto solo un par de veces es alguien que conocemos de toda la vida y estamos completamente convencidos de que no nos hará el menor daño. Todo lo contrario, sentimos que podemos entregarle sin ningún reparo todo nuestro ser.



**Fig. 12.** Para conseguir que dos sujetos, en condiciones normales enemigos y competidores, puedan acercarse el uno al otro sin intención de agredirse es preciso lograr que dejen de temerse y que dejen de recelar el uno del otro. Esta es predeciblemente la causa por la que la selección natural desarrollaría el mecanismo que se encarga de desconectar la corteza prefrontal lateral con el objetivo de que se pudiera producir la cópula.

Resumiendo, podemos afirmar que para hacer posible que dos sujetos de la misma especie, en principio rivales y competidores, pudieran acercarse el uno al otro sin ánimo de agredirse y después copular, la selección natural diseñó un sistema que desactiva las áreas cerebrales que se encargan de que los individuos estén alerta de los peligros del entorno, sobre todo, las que nos permiten recordar memorias episódicas negativas relacionadas con el sujeto seleccionado por nuestro Mecanismo Selector de Beneficios Indirectos, generando con ello una confianza extrema en que el otro individuo no va a ocasionar ningún daño. Este es el mecanismo que le permite a una leona y a muchísimas otras madres del reino animal aparearse con el asesino de sus hijos.

Otra importantísima consecuencia de que se mantengan artificialmente altos los niveles de serotonina es que impiden que nos focalisemos en nuestra pareja. (A continuación desarrollaremos un espacio dedicado a la importancia de la focalización en la pareja).

Ahora podemos entender por qué el argumento de la señora (Y) no encaja en el marco de la teoría de la selección natural. Contrariamente a lo que parece lógico a todas luces y a lo que habíamos supuesto hasta ahora, el sistema neuronal que nos permite aparearnos (el Amor) funciona en la dirección contraria a la que habíamos supuesto que lo hacía. No deja de gustarnos alguien porque desconfiamos de él, sino que ocurre a la inversa, el hecho de que alguien sea elegido por nuestro MSBI (el que alguien nos guste) provoca que se desencadenen los sistemas que nos hacen confiar en ese otro individuo. En otras palabras, no nos enamoramos de alguien porque confiamos en él, sino que por el contrario, confiamos en ese sujeto porque nos enamoramos de él. Así que el problema de la señora (Y) no era que no confiaba en los hombres y por ello no encontraba a ninguno que le gustase lo suficiente como para iniciar una relación de pareja, sino el contrario, simplemente no le gustaban los hombres y por ello no podía confiar en ninguno.



**Fig. 13.** Fotograma de Cincuenta sombras de Grey. Cuando nuestra pareja es elegida por nuestro MSBI y se apodera de nosotros el comportamiento Apareamiento (cuando estamos enamorados) confiamos en el otro sin importarnos lo que nos haga debido a que tenemos hipoactiva la corteza prefrontal lateral.

### Quinta fase del proceso reproductivo. Focalización en la pareja

El que desciendan los niveles de serotonina en la corteza prefrontal lateral y como consecuencia experimentemos una confianza casi ciega en el otro individuo (nos parece que le conocemos de toda la vida) todavía no es suficiente para asegurar la cópula del individuo, aún faltan dos cosas muy importantes. La primera de ellas es la focalización en la pareja. Imaginemos que hay una pareja cortejándose y de pronto pasa otra chica en celo relativamente cerca. Él la huele y su Mecanismo Selector de Beneficios Indirectos le dice a su amígdala que se trata de una hembra de más calidad genética. El resultado de ello será que nuestro chico abandone a la hembra que tiene a punto de caramelo y se valla tras una quimera (no sabe si tendrá que luchar por ella, ni si ella le elegirá para aparearse). Ello no es para nada una buena estrategia a la hora de transmitir los genes a la próxima generación. Así que, ¿cómo solucionaría este problema la selección natural? Focalizando la percepción del individuo en su pareja. Helen Fisher cree que el amor romántico surgió para que pudiéramos enfocar toda nuestra energía de apareamiento en un solo individuo. Cuando te enamoras de alguien sientes que ese sujeto es alguien especial y distinto al resto. Se convierte en el centro de nuestro universo. Sientes que ninguna otra ser se puede comparar con este. (Fisher 1). Si estás locamente enamorado de alguien la persona perfecta puede venir y sentarse en tus piernas y no lo vas a notar. (Esto quiere decir que el proceso de focalización que nos genera el comportamiento Apareamiento nos vuelve monógamos). (Fisher 2). En el caso de los primates, prominentemente visuales, la selección natural desarrolla un mecanismo que recorta el campo visual restringiéndolo a poco más que la pareja (López Moratalla). Imagino que en el caso de los cánidos, por ejemplo, la selección natural reduciría la capacidad olfativa de los machos. Los sistemas de alerta, tanto el visual como el olfativo, se mantienen activos debido a las altas cantidades de serotonina que fluye por ellos. Es muy probable que la amígdala posterior derecha utilice el mecanismo de reducir la cantidad de serotonina por estas vías de alerta para así lograr que el ambos pretendientes se focalicen el uno en el otro, lo que terminaría por dejarlos completamente desprotegidos ante cualquier peligro, pero se reduciría con ello la capacidad para percibir cualquier otra posible pareja propiciando de esta manera que el individuo se focalice en la pareja que ya está cortejando.

¿Por qué creemos que esto es así? Como explicamos en el espacio anterior dedicado a la desactivación del sistema antipeligros, las personas que constantemente consumen antidepressivos tienen muy elevados los niveles de

serotonina en las vías y zonas del cerebro que se encargan de que constantemente estemos rastreando el entorno en busca de peligros y oportunidades. Esta es la principal función de estos medicamentos. Por esta razón cuando alguien lleva mucho tiempo consumiendo antidepresivos se vuelve incapaz de focalizar su atención en un solo sujeto y esto hace muy difícil que se pueda enamorar.

La focalización en nuestra pareja es lo que nos vuelve monógamos y ello sabemos que también sucede como consecuencia de la actuación de las hormonas oxitocina y vasopresina. De las que hablaremos a continuación.



**Fig. 14.** El consumo continuado de antidepresivos eleva artificialmente los niveles de serotonina en los circuitos que nos permiten rastrear constantemente el entorno en busca de peligros y oportunidades. Ello impide que nos focalisemos en un solo sujeto y por esta razón el consumo continuado de antidepresivos termina por impedir que nos enamoremos.

### **Sexta fase del proceso reproductivo. Se desencadena la necesidad de estar con el otro sujeto**

Nota. Helen Fisher denomina al mecanismo que hace que dos sujetos necesiten estar juntos attachment o apego. En mi caso pienso que la necesidad de estar junto al individuo que ha escogido nuestro MSBI no es un mecanismo cerebral independiente sino un sistema que se integra dentro del comportamiento Apareamiento. De aquí que no emplee la misma terminología que utiliza la destacada científica a la hora de describir los diferentes sistemas que permiten el acercamiento y la convivencia de dos sujetos.

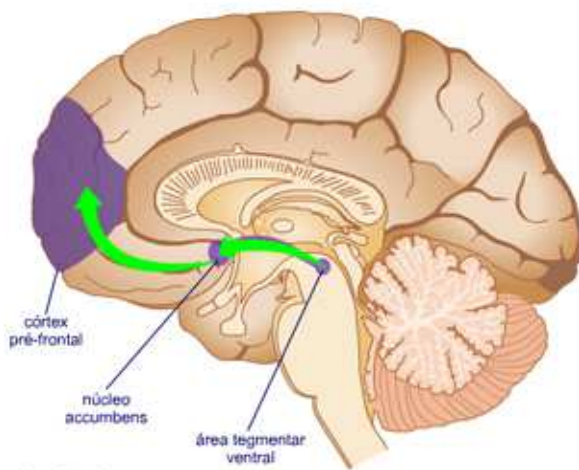
Para que se produzca el acercamiento entre los dos individuos, imprescindible para el apareamiento, no es suficiente con que dejen de temerse y se concentren el uno al otro, es también necesario que sientan deseos y necesidad de estar lo más próximo que sea posible del otro individuo. De esto se encargan las hormonas oxitocina y vasopresina. La oxitocina es la hormona responsable de las sensaciones de cariño y placer que tienen lugar durante la relación sexual. Durante el orgasmo se liberan dosis

masivas de oxitocina que provocan la sensación de ternura y complicidad que inunda a los amantes en la fase de relax que se produce después del placer intenso. (Soler 2012, pag. 150-151). Estas hormonas activan los núcleos subcorticales que generan en ambos la necesidad de estar al lado del otro, la necesidad de no despegarse de él o de ella, encienden el sistema Motivacional.

### *El sistema Motivacional al servicio del comportamiento Apareamiento*

Este mecanismo al parecer discurre muy próximo del sistema de Recompensa mesolímbico. Además también tiene como base de su funcionamiento la dopamina. Sabemos que es así debido a que cuando somos rechazados por la persona que amamos, al mismo tiempo que experimentamos un insoportable dolor y un malestar indescriptible (ello quiere decir que el Sistema de recompensa no puede estar liberando dopamina con la finalidad de proporcionarnos el premio), se detecta una inusitada actividad en todo el núcleo estriado (en el Sistema de recompensa) lo que quiere decir que se está generando, contra todo pronóstico, gran cantidad de dopamina. (Volcow 1). ¿Cómo es posible que se genere dopamina en el sistema de recompensa (lo que predicablemente nos haría experimentar felicidad) cuando lo que estamos sintiendo es dolor, angustia y desolación? La Dr. Nora Volcow nos explica que este mecanismo que está activado en estos casos de rechazo es el sistema Motivacional.

Experimentos con ratas habituadas a suministrarse cocaína le permitieron descubrir que individuos con un gran déficit de receptores dopaminérgicos en el sistema de Recompensa (consecuencia de la adicción) todavía seguían teniendo una gran actividad en el núcleo accumbens (en el sistema de Recompensa). Y la fuerza de esta actividad neuronal se correspondía con lo que el sujeto estaba dispuesto a hacer y a luchar por obtener otra dosis de la droga. De aquí se infirió que lo que permanecía activo es el mecanismo de la Motivación, el que nos obliga, activando la sensación de necesidad, a hacer un determinado número de tareas relativas a la supervivencia. Lo interesante de lo que se pudo observar es que la actividad en el sistema Motivacional necesariamente tendría que estar ocurriendo debido a que grandes cantidades del neurotransmisor se estaban fijando a las dendritas de las neuronas que lo reciben. Lo que indica que, a pesar de que la dopamina había hecho estragos en los receptores dopaminérgicos del sistema de Recompensa, no había dañado los receptores dopaminérgicos del sistema Motivacional porque estos estaban haciendo su función, estaban haciendo posible la excitación conjunta de las neuronas del sistema Motivacional. Ello me



**circuito de recompensa**

**Fig. 15.** En la actualidad la resolución de los escáner no nos permite todavía diferenciar el sistema Motivacional del sistema de Recompensa. Pero a pesar de que ambos mecanismos existen muy próximos el uno del otro, cada uno hace su función de forma independiente.

condujo a la conclusión de que eran dos mecanismos que, aunque estaban muy próximos, en el escáner no se puede diferenciar el uno del otro, son dos mecanismos independientes.

¿Cómo funciona el sistema motivacional cuando lo activa el comportamiento Apareamiento?

Helen Fisher nos explica que: si surgen obstáculos para el amor los sentimientos se intensifican, se conoce como el efecto Romeo y Julieta. Y ocurre porque percibir la adversidad aumenta la producción de dopamina en el sistema Motivacional. (Fisher 4). Esta dopamina aumenta en el sistema que provoca la necesidad, que genera unas ansias irreprimibles de hacer algo para remediar la situación. Si la recompensa tarda en llegar, los productores de dopamina prolongan su actividad, por lo que los niveles del neurotransmisor aumentan y la motivación se hace más fuerte. (Fisher 4).

A partir de esta explicación que acabamos de ofrecer se hace lógico deducir que es muy probable que la misión de la oxitocina y de la vasopresina podría ser la de fijar la foto del sujeto elegido por nuestro MSBI al comportamiento Apareamiento. Una vez que estuviese allí, el comportamiento Apareamiento activaría el sistema mesolímbico motivacional de manera que la afluencia continuada de dopamina generase en nosotros una indescriptible necesidad de estar con este sujeto. De hecho cuando durante experimentos se ha suministrado oxitocina por medio de un aerosol a una persona, esta ha sentido una confianza sin límites por quien tiene al lado y además experimenta un deseo inexplicable de estar con este ser. (López Moratalla).

### *El sistema de Recompensa y Castigo al servicio del comportamiento Apareamiento*

El comportamiento de Apareamiento también cumple su función (mantener al individuo cerca de la pareja) utilizando el sistema de castigo y recompensa. Si se está lejos (posible pérdida o rechazo) del sujeto seleccionado activa el castigo y se siente una infelicidad atroz. Cuando la corteza informa que no hay nada que hacer, que la hemos perdido, la producción de dopamina disminuye. (Fisher 4). Unos niveles bajos de dopamina se asocian al abatimiento y al letargo. Si por el contrario se está cerca de el ser amado y percibimos que este también nos ama, el mecanismo activa la producción de dopamina por la vía de recompensa y se experimenta una de las sensaciones de felicidad más maravillosas que se pueda sentir (la felicidad que sentimos cuando estamos enamorados y somos correspondidos (Fisher 4).

Nosotros nos aprovechamos de esto para autogenerarnos felicidad. Debido a que somos los únicos que previsiblemente disponemos durante toda la vida de la capacidad de traer a voluntad recuerdos a la mente, en estos casos no paramos de pensar en el otro individuo. Ya que cuando lo hacemos experimentamos una sensación de placer, bienestar, regocijo y felicidad muy similar a la que sentimos cuando es nuestra pareja amada quien nos está diciendo que nos quiere. Esto ocurre así debido a que nuestro comportamiento Apareamiento, como el resto de comportamientos de nuestro sistema límbico, dan por hecho que lo que pasa por nuestra mente es lo que está sucediendo en el mundo real. Debido a esto, cada vez que nuestra corteza prefrontal activa la imagen de los ojos enamorados de ella (recuerdo) o la imagen de su sonrisa cuando nos dice te quiero, el comportamiento Apareamiento ordena



**Fig. 16.** Fotograma de Romeo y Julieta (de Franco Cefirelli). La necesidad del otro y la satisfacción que experimentamos al estar con el ser elegido por nuestro MSBI es tan grande, que perderlo provoca un dolor tan intenso que en algunos casos solo es superable con la muerte.

generar una intensa descarga de dopamina por la vía de recompensa ya que asume que ella está a nuestro lado. Y como ya sabemos, nos encanta la maravillosa sensación de satisfacción y felicidad que genera el aluvión de dopamina por el sistema neural de Recompensa. Ello es la razón por la cual no podemos dejar de pensar en el otro.

Hasta aquí esta descripción detallada de los diferentes acontecimientos que pudieran formar parte del proceso reproductivo. Ateniéndonos a esta descripción, ¿qué podría ser el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos Amor?

### **Concluyendo. ¿Qué es el Amor? ¿Qué relación hay entre el comportamiento Apareamiento y el Amor?**

Lo analizado hasta aquí nos conduce a concluir que el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos con la palabra Amor son el resultado de complejos procesos neuroquímicos que ocurren en el cerebro una vez que el MSBI ha hecho su elección. Procesos neuroquímicos absolutamente necesarios para que pueda suceder el apareamiento, por lo que predicablemente el amor pudieran ser el mecanismo que diseñó la selección natural para que pudiese funcionar la reproducción sexual, al menos, en los sujetos con corteza cerebral. En otras palabras, el Amor no es otra cosa que lo que experimentamos cuando nuestro comportamiento Apareamiento se ha puesto en marcha.

Ilustrémoslo con un ejemplo. Imaginemos una pareja de osos polares jóvenes que todavía no se han apareado y viven en la misma región del ártico. Toda sus experiencias (memorias episódicas) los llevan a "ver" que cada vez que ha estado próximos a otro miembro de su especie ha tenido que luchar para comer, para defender la vida, para conquistar un territorio o para mantener el suyo. Toda la información que guardan acerca de los miembros de su especie es de lucha, sangre, zarpazos, dentelladas, heridas sufrimiento y dolor. Pero para que se produzca la



**Fig. 17.** El Amor, predicablemente, es el conjunto de sensaciones, emociones y sentimientos que diseñó la selección natural para hacer posible que dos individuos puedan estar juntos el tiempo necesario para que se produzca el Apareamiento.

cópula es imprescindible que los dos osos entren en contacto. ¿Cómo podría entonces lograr la selección natural que una osa polar confiara en que el aterrador y peligroso macho no le hará daño, como para ser capaz de acercarse a este sin la intención de agredirlo? ¿Cómo pudo lograr la selección natural que el macho confiase en que la recelosa y agresiva hembra no le atacará, como para acercarse a ella sin la intención de agredirla? ¿Cómo pudo solucionar este intrincado problema la selección natural?

Como hemos mencionado, la Dra. Natalia López Moratalla de la Universidad de Navarra nos explica en el video (UN) que en nuestra especie el mecanismo atrae a los enamorados utilizando dos estrategias diferentes. La primera es la desactivación de la desconfianza en el otro a través de la hormona oxitocina. La segunda es la activación de la vía de recompensa emocional. Es decir, en nuestro caso se conectan algunas áreas como las relacionadas con la recompensa y se desconectan otras relacionadas con la prevención de los peligros, las memorias y las emociones negativas (López Moratalla). Hemos tratado de argumentar que la puesta en marcha de un sistema similar a este en los cerebros de nuestra pareja de osos polares sería capaz de lograr por un lado, anular la desconfianza y por ende la agresividad en ambos hacia el otro individuo y por el otro lado hacerles experimentar una portentosa necesidad de estar cerca el uno del otro y alentarles mediante sensaciones de deseo bienestar, júbilo, satisfacción y placer a que se junten y permanezcan unidos al menos el tiempo necesario para que se produzca la fecundación. Ello es la razón que me lleva a intuir que es muy probable que ese conjunto de sensaciones y emociones que denominamos Amor los humanos pudo haber surgido para lograr que dos seres pudiesen entrar en contacto el uno con el otro con la finalidad de que se apareasen. De manera que el Amor en ningún modo podría ser una creación exclusiva de nuestra especie sino la esencia misma del mecanismo que permite la perpetuación de la vida al menos en aves y mamíferos. En otras palabras, el funcionamiento de comportamiento Apareamiento en nosotros es lo que nos hace experimentar el conjunto de sensaciones emociones y sentimientos que denominamos Amor.

### **¿Existe el sexo sin Amor?**

¿Ahora bien, si el que sentimos el Amor es necesario para que podamos copular, por que se puede copular con alguien sin que estemos enamorados de ese sujeto? Veamos. La cópula ya trae incorporado su propio premio, la satisfacción que esta genera en quien la practica y el orgasmo en quien lo tiene. Hay evidencias de que en primates, tanto en machos como en hembras, existe el orgasmo. (Soler 2012, pag. 152). Este es

un grandísimo aliciente que nos impulsa a tener sexo. No obstante, para que se produzca el apareamiento es imprescindible que en alguna medida experimentemos, aunque sea de manera muy pequeña y fugaz, el conjunto de sentimientos que denominamos Amor, es necesario que nos focalisemos en la pareja, que confiemos que en ese instante no nos hará ningún daño y que experimentemos una imperiosa necesidad de estar a su lado, como mínimo, el tiempo que dure la cópula. Al respecto de esto Helen Fisher nos explica que. "El sexo casual no es tan casual, con el orgasmo obtienes un pico de dopamina y esta está relacionada con el Amor y puedes terminar enamorándote de la persona con la que tienes sexo casual. También se produce una inyección de oxitocina y de vasopresina, lo que hace que sientas necesidad de estar con la otra persona" (Fisher 1). En este artículo hemos analizado que lo que hace que nos enamoremos del otro no es el hecho de tener sexo con él, sino la circunstancia de que nuestro MSBI determine que se trata de un sujeto de excelentes genes. Ello a su vez es lo que desencadena la producción de la dopamina, la oxitocina y la vasopresina. Así que el hecho de que durante la cópula estén presentes estos tres neurotransmisores (los que cuando actúan en el cerebro nos hacen sentir el Amor) podría ser una prueba inequívoca de que aunque copulemos con alguien de quien no estamos enamorados, al menos durante el tiempo que estamos teniendo sexo con ese sujeto, en alguna medida sentimos Amor por él. Esto nos conduce a concluir que el sexo (deseado) sin Amor no existe. Lo que termina por reforzar nuestra hipótesis de que el Amor no es otra cosa que el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que elaboró la selección natural con el objetivo de hacer posible la cópula. Profundizaremos en este asunto en el desarrollo de los temas que abordaremos durante el estudio del comportamiento Emparejamiento. Ahora vamos a terminar este espacio dedicado al Amor tratando de explicar por qué el comportamiento Apareamiento solo se ejecuta cuando quien elige nuestra pareja es el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos.

**Solo cuando nuestra pareja ha sido elegida por el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos entra en funcionamiento el comportamiento Apareamiento. Solo cuando nuestra pareja la elige el MSBI sentimos el Amor.**

Las hembras de golondrina común tratan primordialmente de emparejarse con machos de buenos genes (colas largas), cuando lo consiguen les son absolutamente fieles. Pero cuando no logran emparejarse con estos se conforman con chicos de inferior calidad genética (cola corta) a los que no le son muy fieles. Lo curioso del caso



**Fig. 18.** La golondrina común. La pareja la elige en primera instancia el MSBI. Pero si ella no logra emparejarse con un chico guapo, entonces el MSBD elige a un sujeto que demuestre ser un buen padre.

es que los machos de gran calidad genética dedican muy poco tiempo o ninguno al cuidado y alimentación de la prole ya que la mayor parte de este están intentando copular con otras chicas, normalmente emparejadas con machos de menor calidad genética. Por el contrario estos últimos sí dedican mucho tiempo al cuidado de los poyuelos (Soler 2012, pag. 226), quizás porque que no tienen la menor posibilidad de copulas extramaritales.

*La prueba de que el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos Amor solo se generan cuando quien elige la pareja es el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos.*

¿Quién es el que selecciona la pareja en el caso de las chicas que se unen a machos menos guapos (cola corta), pero buenos padres? Como explicamos, la circunstancia de que una golondrina común tengan cópulas extramaritales (que no sea fiel a su macho de cola corta) nos indica inequívocamente que sus cerebro, casi con toda seguridad, no se haya rebosantes de de oxitocina y de vasopresina (con relación a su "marido"), ya que si esto fuese así su atención estaría focalizada única y exclusivamente en él, como le sucede a las golondrinas unidas a chicos guapos (cola larga), quienes no tienen nunca sexo extramarital a pesar de que ellos no les son nada fieles, además de unos padres desastrosos. Teniendo en cuenta que la oxitocina y la vasopresina son hormonas que integran el cóctel neuroquímico que, cuando se desata en el cerebro, nos hace experimentar las sensaciones, emociones y sentimientos que denominamos Amor, podemos concluir que las golondrinas emparejadas con un machos de cola corta (malos genes) predeciblemente no sienten "Amor" hacia sus parejas. Por otra parte, es lógico asumir que el MSBI es quien se encarga de escoger a los



sujetos de cola larga (buenos genes) y es también lógico pensar que el MSBD es quien escoge a los machos de inferior calidad genética (cola corta), porque estos, al ser buenos padres, aportan beneficios directos a la relación. El hecho de que las chicas casadas con machos de cola corta no sientan amor por sus "maridos" y la circunstancia de que esta selección predeciblemente es responsabilidad del MSBD, nos conduce a concluir que cuando el Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos de una hembra es quien elige al macho, esta no experimenta para con su "marido" el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos Amor. Y de aquí también se deduce también la conclusión contraria. El MSBI es quien hace que una golondrina elija a un chico de cola larga. Y solo cuando una de ellas está emparejada con un macho de estas características (buenos genes) siente por este Amor. Así que una golondrina común solo siente Amor por su chico cuando quien lo ha seleccionado es su Mecanismo Selector de Beneficios Indirectos. De manera que podemos concluir que el comportamiento Apareamiento, el único que es capaz de activar conjuntos de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos Amor, solo se activa cuando quien ha elegido la pareja es el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Indirectos, el MSBI. En opinión de este autor, esto que sucede así en las golondrinas es aplicable, como mínimo, al resto de los individuos con corteza cerebral debido a que es muy poco probable que la selección natural desarrollase un mecanismo de Apareamiento específico para cada especie. Y también lo creo porque todos los estudios realizados al respecto parecen decirnos que, como mínimo, todos los mamíferos contamos con estructuras cerebrales dedicadas a las mismas tareas.

Ahora emplearemos el siguiente espacio a estudiar el otro comportamiento que diseñó la selección natural con el objetivo de hacer posible la unión entre dos seres. El comportamiento Emparejamiento.

**El comportamiento Emparejamiento nos hace experimentar el Attachment (Apego), el conjunto de sensaciones, emociones y sentimientos que utiliza el Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos con la finalidad de que permanezcamos unidos a un sujeto del cual no estamos enamorados**

*El maluro soberbio pone en entredicho todo lo analizado hasta aquí*

Esta idea que acabamos de desarrollar (el Amor es el comportamiento Apareamiento en función), que pudiera parecer lógica en alguna medida se enfrenta sin remedio a un tremendo desafío.



**Fig. 19.** El MSBD de la malura soberbia es quien elige la pareja.

Veamos. El maluro soberbio es un ave que se "empareja" por más de una temporada y aunque puede formar parejas lo normal es que la unidad familiar esté integrada por la hembra, un macho dominante y varios machos subordinados. Los machos suelen a menudo llevar flores o pétalos a las hembras vecinas (emparejadas) a quienes conquistan de esta manera y copulan con ellas. Las hembras también buscan insistentemente estas cópulas extramaritales con los machos vecinos (Soler 2012, pag. 164-167), hasta el punto que como máximo el 14 por ciento de los pollos son hijos de los padres oficiales y hay nidos en los que ningún pichón tiene ADN, es hijo, de estos (Soler 2012, pag. 243).

¿Por qué este hecho pone en entredicho todo lo que hemos analizado hasta aquí? Si la razón por la que existe el conjunto de sentimientos y emociones que denominamos Amor es la necesidad de emparejar a dos individuos para que estos puedan copular. ¿Por qué en el caso del maluro soberbio, del herrerillo común, del carricero tordal y de otras muchas especies las chicas se emparejan con unos, de quienes supuestamente estarían "enamoradas" pero paradójicamente copulan con otros, de quienes supuestamente no están "enamoradas" ya que no forman pareja con ellos? Expliquémoslo de otra manera. El desarrollo lógico del artículo nos ha conducido a concluir que el Amor (el conjunto de sensaciones, emociones y sentimientos que denominamos Amor) es lo que hace posible el emparejamiento y por ende la cópula. ¿Como es posible que hembras de diferentes especies copulen con machos de los que predeciblemente no están enamoradas y cómo es posible que casi nunca copulen (en el caso del maluro soberbio) con los machos emparejados con ellas, machos de quienes predeciblemente si estarían enamoradas?

*El comportamiento Emparejamiento también logra mediante el Attachment que dos individuos sientan necesidad de estar juntos*

¿Qué siente la malura soberbia por los machos con los que está emparejada? Lo primero que tenemos que tener en cuenta es la circunstancia de que las maluras soberbias tienen mucho sexo extramatrimonial, ello nos indica que sus cerebros no están bañados de oxitocina ni de vasopresina (en relación con los machos con los que conviven) porque si fuese así necesariamente serían fieles a sus maridos. Estas dos hormonas son parte fundamental del cóctel neuroquímico que provoca el conjunto de sensaciones y sentimientos que denominamos Amor. Esta es la razón que nos conduce a intuir que casi con toda seguridad las maluras soberbias no experimentan Amor para con sus maridos oficiales. Teniendo todo esto en cuenta, ¿quién escogió al grupo de machos que forman su harén, su MSBD o su MSBI? ¿Que comportamiento es el que la mantiene junto a su harén de machos, el comportamiento Apareamiento o el comportamiento Emparejamiento? El hecho de que ellas no sientan Amor por sus esposos nos permite decir que no pudo ser el MSBI quien eligió a sus parejas y en consecuencia tampoco es el comportamiento Apareamiento quien la mantiene unida a sus machos. Esto nos hace sospechar que la elección de estos sujetos corrió a cargo de su Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos y que por lo tanto el comportamiento que la mantiene unida a sus esposos tendría que ser el comportamiento Emparejamiento. ¿Quién es el comportamiento Emparejamiento? ¿Qué emociones, sensaciones y sentimientos utiliza para mantener unidos a dos sujetos? ¿Qué necesidad hay de que aparezca un nuevo comportamiento destinado a unir a dos seres cuando ya existe el comportamiento Apareamiento que es capaz de hacerlo? Intentaremos dar respuesta a estos interesantes interrogantes en el transcurso de este espacio.

El hecho de que podamos afirmar que no es el comportamiento Apareamiento (el Amor) quien hace que una malura soberbia desee mantenerse unida a sus maridos nos permite comenzar a dar respuesta al interrogante que nos sirvió para desarrollar este espacio. ¿Pone en entredicho la hipótesis de este trabajo (el Amor es lo que permite el emparejamiento y por tanto la cópula) el hecho de que las maluras soberbias no copulen con los machos con los que están emparejadas? La respuesta es no. Esta circunstancia no entra en contradicción con la hipótesis de este trabajo porque quien empareja a una malura soberbia con su harén de machos, a una herrerilla común, a una carricera tordal y a una golondrina común con chicos de poca calidad genética no es su MSBI sino el Mecanismo que Selecciona los Beneficios Directos que un macho puede aportar a la

relación. Y como veremos a continuación, este es precisamente el mecanismo de selección de pareja que utiliza el comportamiento Emparejamiento (las sensaciones, sentimientos y emociones que este es capaz de activar, el Attachment) para mantener a dos sujetos unidos. Ahora nos corresponde describir a fondo en conjunto de sentimientos, emociones y sensaciones (el Attachment) que utiliza el comportamiento Emparejamiento de una hembra para lograr que ella se mantenga al lado del macho que ha elegido su MSBD.

*El Attachment, el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que experimentamos cuando quien elige pareja es el MSBD*

*Papel del comportamiento Instinto Maternal como parte del MSBD*

El hecho de que la malura soberbia se empareje con varios machos (quienes cooperan todos en el cuidado y alimentación de los pollos) es una circunstancia que nos está diciendo que en esta especie es imprescindible, para sacar adelante la prole, que participen varios machos en esta tarea. Ello hace lógico suponer que sea muy importante para las maluras soberbias escoger como pareja a machos que sean buenos padres. Esto a su vez quiere decir que probablemente, quien decide el macho con quien se va a emparejar una malura soberbia, es casi siempre su MSBD, concretamente su comportamiento Instinto Maternal porque este es el más interesado en el bienestar de los hijos. "Cuidamos nuestros hijos porque los queremos, pero este quererlos es el resultado de un proceso evolutivo en el que se han seleccionado adaptaciones en las madres y padres que hacen que ambos se vuelquen en el cuidado



**Fig. 20.** El comportamiento Instinto Maternal de la collaba negra regula su puesta de huevos en dependencia de la capacidad para cargar piedras de su pareja ya que esto es lo que le indica las posibilidades que tendrá este para suministrar constantemente cebas a los retoños. (Soler 2012, pag. 53). Ello es una prueba de que entre las tareas que desempeña el comportamiento Instinto Maternal está la de evaluar la disponibilidad de los machos para cuidar, alimentar y proteger a sus descendientes.

de los hijos." (Soler 2012, pag. 212). Por esta razón el Instinto Maternal podría ser el encargado de valorar las aptitudes como padres de los pretendientes y decidir cuales de ellos integrarán su harén basándose en sus memorias episódicas, específicamente aquellas en las que puede comparar sus anteriores elecciones (machos que aparentaban ser buenos padres) con los resultados que dieron en la práctica (machos que resultaron ser buenos padres). Y de hecho parece ser que esto también es parte de su cometido. Por ejemplo el comportamiento Instinto Maternal de las hembras de collaba negra evalúan el número y el peso de las piedras que transporta el macho (que ya es su pareja) y en dependencia de esto adecua el esfuerzo reproductivo. (Soler 2012, pag. 48-53)

El tamaño del nido que construye el macho le indica a la hembra de urraca pica, pica la cantidad de huevos que debe poner. Porque le informa de la capacidad del macho para cooperar en la alimentación de los pollos. (Soler 2012, pag. 110). Esta importantísima actividad evaluadora del comportamiento IM es lo que le permitiría a una malura soberbia no cometer los mismos errores que en el pasado (chicos que no dieron la talla a la hora de cuidar, proteger y alimentar a su descendencia) y garantizar así que todos los pretendientes sean realmente buenos padres. Recordemos que la activación de los mecanismos que seleccionan pareja en las hembras pone en funcionamiento la parte del cerebro que le permite recordar vivencias (López Moratalla). A partir de que el MSBD (en este caso el comportamiento IM) de la malura soberbia ha hecho su elección se hace preciso lograr que ella se mantenga unida a estos machos por varias temporadas, y para que esto suceda es imprescindible que ella sienta deseos y necesidad de estar al lado de esos individuos, es imprescindible que se sienta motivada a estar con ellos. ¿Que sensaciones, emociones y sentimientos podrían ser empleadas por el comportamiento IM para lograr que una malura soberbia desee mantenerse emparejada por varias temporadas a su harén de machos (machos con los que casi nunca copula)? Primero que nada, ateniéndonos a lo analizado en este artículo, tendríamos que descartar el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos Amor ya que estas predecible-mente solo están relacionadas con la selección que hace el MSBI. Así que es posible que su comportamiento Instinto Maternal, quien estaría muy interesado en que la hembra estuviese al lado de estos machos (buenos padres) le haría sentir mal a través de sensaciones de miedo, preocupación y temor por la supervivencia y el bienestar de los polluelos para que de este modo ella acepte permanecer unida a ellos. Y premiándola con sensaciones y emociones de sosiego, seguridad, tranquilidad, satisfacción y bienestar al observar

lo bien que van creciendo sus vástagos gracias a los cuidados paternos, circunstancia que también la haría desear permanecer junto a su grupo de machos. Analicemos ahora lo que sucede con las golondrinas comunes.

¿Que comportamiento estaría interesado en que una golondrina común que no se ha podido emparejar con un macho de cola larga (buenos genes) desee mantenerse al lado de un sujeto del que no está "enamorado"? Sin lugar a dudas el más interesado en que una cosa así suceda es el comportamiento Instinto Maternal debido a que este tiene que garantizar la supervivencia de la nueva generación. Por esta razón le viene de perlas un macho que sea un padre abnegado y que luche incesantemente por alimentar y cuidar a los polluelos. ¿Cómo lograría su comportamiento Instinto Maternal que ella deseara permanecer unida a un macho hacia el que no se siente sentimentalmente atraída? Me inclino a pensar que esto solo podría suceder si logra que ella sienta miedo ante la posibilidad de que sus polluelos mueran si no tiene un compañero que se ocupe de que a sus vástagos no les falte comida y que se ocupe de vigilar, proteger y defender el nido. Además de premiarla con satisfacción y bienestar cuando ve lo bien que van creciendo sus crías gracias al abnegado trabajo del padre. Estas serían las sensaciones, sentimientos y emociones que podrían hacer que una golondrina, una malura soberbia o una mujer eligiesen a machos de menor calidad genética. Lo analizado hasta aquí nos permite suponer que es muy probable que el comportamiento Instinto Maternal forme parte del Mecanismo que Selecciona los Beneficios Directos que un macho puede aportar a su relación y a su descendencia. Pero el comportamiento Instinto Maternal no es el único que logra que una chica desee emparejarse con un chico de poca calidad genética, también la amígdala pudiera jugar un papel fundamental en ello.



**Fig. 21.** El cuidado conjunto de la descendencia probablemente hace que el comportamiento Instinto Maternal de cada uno de los dos padres les haga sentir que el otro sujeto ha sido elegido como pareja. Ello es lo que indicaría al comportamiento Emparejamiento que debe activar el conjunto de sensaciones, emociones y sentimientos que controlan (el attachment) en función de que ambos se sientan bien y a gusto al lado del otro ser.

### *Papel de la amígdala como parte del MSBD*

El macho de carricero tordal, como mencionamos al principio del artículo, es un pésimo padre. Cuando una carricera tordal elige pareja lo hace teniendo en cuenta dos parámetros completamente diferentes. El primero de ellos es la cuantía de recursos existentes en el territorio que ha conquistado el chico y la seguridad que pueda ofrecer este. También, en segundo término, tiene muy en cuenta la amplitud y la variedad del repertorio de sonidos que exhibe el canto del galán pretendiente (indicador fiable de buenos genes). Primero que nada entra en acción el MSBD quien selecciona al macho según las ventajas que ofrece el territorio que posee. Pero si el canto de este individuo no les agrada, las carriceras tordal tienen cópulas extramaritales con otros chicos que exhiban un canto más elaborado (mejores genes), es decir, entra en acción el MSBI. (Soler 2012, pag. 442). Analicemos esta situación. Una carricera tordal que tiene sexo con otros machos no está focalizada en su pareja. Ello quiere decir que por su cerebro no circulan torrentes de oxitocina y de vasopresina, en otras palabras, todo parece indicar que no siente "Amor" por el chico con el que está emparejada. Así que quien eligió a este sujeto como marido no fue su MSBI sino su MSBD. Pero en este caso quién está implicado en la elección no puede ser el comportamiento Instinto Maternal debido a que los chicos de carricero tordal no suelen cuidar los pollos. ¿Quién entonces estaría interesado en que ella se mantuviese al lado de este individuo? Hemos explicado en otros artículos publicados en esta misma revista que la amígdala medial (el núcleo correspondiente al comportamiento Enfado-Ataque) probablemente se encarga de velar para que todo lo que existe en nuestro entorno sea para nosotros y para nadie más y el comportamiento Miedo-Huída, también de la amígdala, es quien vela por nuestra seguridad. De aquí mi idea de que es muy probable que pudiera ser la amígdala (comportamiento Enfado-Ataque) quien se encargaría de evaluar la riqueza del territorio y del mismo modo podría ser la amígdala (el comportamiento Miedo-Huída) la que se encargue de evaluar la seguridad del territorio que posee el macho pretendiente. Así que si estos dos comportamientos de la amígdala encuentran satisfactorio el territorio, sería esta, como parte del Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos, quien se encargaría de hacer que la chica desee emparejarse con este galán. ¿Que sensaciones, emociones y sentimientos podría emplear la amígdala en función de lograr que ella desee emparejarse con este carricero tordal tan buen partido? Por un lado, la premiaría con la sensación de satisfacción, de bienestar y felicidad cuando accede y disfruta de las riquezas del territorio que posee el chico y sentimiento de

seguridad, tranquilidad y sosiego de estar en un lugar tan bien protegido de los depredadores. Por el otro le castigaría con sentimientos de insatisfacción y malestar si intenta abandonar al macho y con ello al bienestar del que disfruta y sensación de miedo y preocupación por su vida si abandona al chico y con ello pierde la seguridad que el territorio que este posee le ofrece. Tengo la impresión de que estas sensaciones, emociones y sentimientos, por si solas podrían hacer que una carricera tordal, una herrerilla común, un águila pescadora y una mujer desearan emparejarse o mantenerse al lado de un macho del que no están enamoradas. Cuando ella depende económicamente de él y no ve o no tiene manera de salir adelante de forma independiente, la amígdala de la chica (el comportamiento Enfado-Ataque y el comportamiento Miedo-Huída) entrarían en acción y le exigiría a través de sensaciones de miedo (miedo a verse en la calle sin ningún recurso) y sensaciones de placer y satisfacción (placer y satisfacción por el bienestar que disfruta bajo el amparo económico de este hombre) que elija o que se mantenga al lado de este individuo buen partido. Un ejemplo de esto es el águila pescadora, quién elige al macho en dependencia de la cantidad de comida que este le aporte durante el cortejo (Soler 2012, pag. 109). Es muy probable que los comportamientos radicados en la amígdala (enfado-Ataque y Miedo-Huída) pudieran formar parte del Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos debido a que pueden ser capaces de generar sensaciones, sentimientos y emociones que hacen que un sujeto desee y necesite elegir o permanecer emparejados a otro ser cuando ello le proporcione importantes beneficios directos.



**Fig. 22.** El águila pescadora elige para emparejarse al sujeto que más regalos prenupciales (comida) sea capaz de traerle. Ello quiere decir que el comportamiento Enfado-Ataque de su amígdala (quien vela porque todo lo que hay sea para nosotros) es quien presumiblemente despliega un conjunto de sensaciones, emociones y sentimientos con la finalidad de hacerla necesitar y desear estar con este sujeto que hace tan buenos presentes.

Pero estos comportamientos que forman parte del Mecanismo que Selecciona los Beneficios Directos que un macho puede aportar a la relación y a la descendencia no son quienes logran que se produzca o se mantenga el emparejamiento de dos sujetos cuando no sienten Amor el uno por el otro. ¿Quién se encargaría de hacer posible y de mantener ese emparejamiento? Que comportamiento dispondría de las sensaciones, emociones y sentimientos necesarios para hacer que una hembra se sienta feliz y a gusto en el marco de una relación de pareja con un macho del que no está enamorada y por tanto desee estar inmersa en ese tipo de relación?

### **Papel del comportamiento Instinto Filial. El Attachment**

Acabamos de describir tres comportamientos que predeciblemente forman parte del Mecanismo que Selecciona los Beneficios Directos que un macho puede aportar a la descendencia. Ahora nos toca exponer como podría funcionar el comportamiento que hace que un sujeto desee estar emparejado a otro cuando no siente Amor por este último. Es decir, intentaremos diseccionar, con vistas a su mejor comprensión, al comportamiento Emparejamiento.

#### *Evolución del comportamiento Instinto Filial*

Ya explicamos en el artículo mencionado que el grupo de sentimientos, sensaciones y emociones que nos hace experimentar el IF predeciblemente aparecen para hacer que el hijo permanezca al lado de la madre (el individuo que le cuida, protege, alimenta y vela por su bienestar) y en un momento posterior de la evolución, cuando aparece el comportamiento Reciprocidad entre los primates, estos sentimientos, sensaciones y emociones de cariño, afecto, aprecio, gratitud y solidaridad se van a volcar también sobre aquellos sujetos no emparentados con nosotros que nos ayudan, que se preocupan por nuestro bienestar, que comparten con nosotros su comida y que dedican su tiempo a acicalarnos. En este caso denominamos a la acción del comportamiento instinto Filial como Amistad. Es decir, el comportamiento Instinto Filial se transforma en el comportamiento Amistad. (Pérez 2014 (2)).

Pero aquí no terminaría la utilidad del comportamiento Instinto Filial (amígdala Lateral) es muy probable que también se encargue de hacernos experimentar, aprecio, afecto, cariño, gratitud, agrado y solidaridad hacia nuestras parejas cuando el sentimiento que nos une a ellas no es el Amor. Como explicamos, el comportamiento Instinto Filial nos haría sentir aprecio, agradecimiento, afecto, cariño y solidaridad por los individuos que nos ayudan a luchar contra un enemigo. (Pérez 2014 (2)). Así que cuando

alguien lucha a nuestro lado por sacar los hijos adelante y se esfuerza porque no nos falte de nada, se preocupa por nuestra salud y por nuestro bienestar, lo normal es que el comportamiento Instinto Filial le elija como sujeto predilecto y en consecuencia nos haga sentir aprecio, afecto, cariño, agradecimiento y solidaridad hacia él. Este sería el conjunto de sentimientos, sensaciones y emociones que utilizaría el comportamiento IF para hacer que un sujeto desee y necesite estar al lado de otro individuo por el que no siente Amor. Este conjunto de sentimientos, sensaciones y emociones que nos permite emparejarnos con alguien del que no estamos enamorados o mantenernos emparejados a un individuo después de que ha pasado la etapa del Amor es lo que Helen Fisher denomina Attachment o Apego. Así que el Attachment o Apego no es más que el conjunto de sensaciones, emociones y sentimientos que utiliza el comportamiento Emparejamiento (Instinto Filial adaptado a la función reproductiva) para hacer que deseemos convivir con un sujeto por el cual no sentimos Amor.

Como podemos ver, existe una relación muy estrecha entre los comportamientos que forman parte del Mecanismo Selector de Beneficios Directos y el comportamiento Emparejamiento. Para que este último despliegue el conjunto de emociones, sensaciones y sentimientos que nos harán experimentar Apego (Attachment) para con un determinado individuo del cual no estamos enamorados, primero los comportamientos que forman parte del Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos tendrían que haber elegido a este sujeto. Mientras más sean los comportamientos integrantes del MSBD los que utilicen sus emociones características para hacernos desear y necesitar estar con un sujeto determinado, mas intensos y profundos serán los sentimientos de Attachment (cariño, afecto, solidaridad, aprecio gratitud, camaradería y agrado) que el comportamiento Emparejamiento (Instinto Filial) nos haría experimentar hacia ese individuo. De esta manera probablemente la selección natural preparó nuestros cerebros para sentir un gran deseo de estar con alguien que nos trata bien, que se ocupa de nuestras necesidades y de las de nuestros hijos, que está constantemente pendiente de nosotros mejorando a cada instante la calidad de nuestra vida, pero por el que no sentimos Amor.

### **¿Por qué surgiría el comportamiento Emparejamiento? ¿Por qué apareció la necesidad de que dos sujetos se unieran por razones distintas de la cópula ?**

Aparte de la ya analizada conveniencia de que una hembra se mantenga al lado de un macho (elegido por su MSBD) que además de ser un buen padre sea también capaz de ofrecer muchos



**Fig. 23.** Para la selección natural, en algunos casos, es necesario lograr que la madre desee estar al lado de un macho con el objeto de que este defienda a sus hijos.

bienes materiales a su pareja e hijos, incluido un territorio seguro en el que vivir, hay otras poderosas razones por la que pudo aparecer el comportamiento Emparejamiento. Es muy común en muchísimas especies que los machos maten a las crías con el objetivo de que la madre vuelva a caer en celo lo más rápidamente posible. Así que es una buena estrategia para las hembras mantenerse por mucho tiempo al lado de un macho (el padre o que crea que es el padre de sus hijos) para que este impida que otros machos se le acerquen y de esta manera mantener a salvo a sus retoños de quien pudiera querer asesinarlos (Opie 2013). También en el marco de una condiciones de gran aislamiento es una buena estrategia para la selección natural el lograr que ambos sexos sientan la necesidad de permanecer al lado del primer sujeto que encuentren. (Clifton-Dieter).

Pero el comportamiento Apareamiento, mediante el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos Amor, ya se encarga de mantener unidos a dos sujetos, así que también podría hacerse cargo de mantenerlos juntos en el caso de aislamiento o para favorecer la crianza de los hijos o para que el macho defendiese a la descendencia del riesgo de los infanticidas (es muy probable que en algunas especies lo haga durante un período de tiempo más bien pequeño). ¿Por qué se hace preciso que la selección natural se saque de la manga un nuevo comportamiento con la finalidad de unir a dos sujetos cuando el comportamiento Apareamiento se podría encargar de ello? Un poco más adelante dedicaremos todo un espacio a explicar que el comportamiento Apareamiento (el Amor) no es una buena manera de unir a dos sujetos por mucho tiempo porque utiliza para hacernos desear estar la lado de nuestra pareja las hormonas oxitocina y vasopresina y la actuación de estas nos hacen ser fieles a ese otro sujeto. (Soler 2012, pag. 150-151). Por esto durante el tiempo que estamos unidos a alguien por intermedio de las sensaciones, emociones y sentimientos que denominamos Amor normalmente no sentimos deseo ni necesidad de copular

con ningún otro ser que no sea nuestra pareja y ello paraliza la creación de diversidad génica. "El amor se acaba debido a la necesidad de crear diversidad génica" (Helen Fisher 2). Ahora tengamos en cuenta que en todos los casos que acabamos de describir (aislamiento, alimentación y cuidado de las crías, defensa ante los infanticidas) se hace necesario que los dos sujetos permanezcan unidos por bastante tiempo. Si durante esos largos períodos de tiempo estamos unidos a nuestra pareja por intermedio de Amor, nuestros hijos solo recibirán los genes de un solo sujeto. Pero si en cambio durante ese mismo período de tiempo se tienen hijos de varios seres distintos nuestros hijos serán portadores de genomas diferentes y es posible que alguno de estos genomas sea capaz de sobrevivir a una pandemia. Esto es lo que garantiza que nuestros genes sigan existiendo a lo largo del tiempo.

Así que necesariamente la selección natural se vería obligada a desarrollar un nuevo comportamiento alternativo al Apareamiento (Amor) que permitiese unir a una pareja de sujetos por todo el tiempo que fuese necesario, pero sin que ello perjudicase la creación de diversidad genética. Es decir, un comportamiento que uniese a dos seres sin que estos sintiesen la necesidad de ser sexualmente fieles el uno al otro. Un comportamiento que hiciese que las chicas desearan permanecer junto a un sujeto que cuida y alimenta a sus descendientes, que guarda por el tiempo que sea necesario a su pareja y que evita que los machos infanticidas maten a la descendencia. Pero que al mismo tiempo no les impida sentirse atraídas sexualmente por otros individuos y que las haga desear y necesitar copular con señores distintos de su pareja. Así es como el comportamiento Emparejamiento garantizaría dos cosas muy importantes, la primera de ella es la supervivencia de la próxima generación y la segunda es la creación de la diversidad genética necesaria para que nuestros genes y con ellos toda nuestra especie pueda seguir adelante en el caso de una pandemia. Esta sería predeciblemente la importantísima razón por la que la selección natural reciclaría el comportamiento Instinto Filial para convertirlo en el comportamiento Emparejamiento (Attachment), el comportamiento que complementa al comportamiento Apareamiento (Amor) en la función reproductiva.

### El Attachment y el sexo

Aunque las maluras soberbias prefieren copular con los vecinos, también algunas veces lo hacen con alguno de los machos de su nido de quienes predeciblemente no están enamoradas. De igual forma las herrerillas común y las carricero tordal también a veces copulan con sus parejas a quienes, en muchos casos, solo están unidas por intermedio del Attachment. Helen Fisher también

describe una pareja de personas que estuvieron casados muchos años, manteniendo vivo el interés sexual, pero sin saber lo que era el Amor, lo que quiere decir que presumiblemente también estaban unidos mediante el Attachment. (Fisher 2). ¿Por qué ocurre esto, por qué es posible que podamos copular con un sujeto al que solo nos une el conjunto de sentimientos, sensaciones y emociones que denominamos Attachment? Aunque el Attachment es un comportamiento que predicablemente no fue diseñado por la selección natural con la intención de garantizar la unión entre dos seres con el objetivo de que estos pudiesen copular, sí es posible que se produzca la cópula entre los miembros de una pareja unida por el Attachment. ¿Por qué?

Veamos. Por un lado, la cópula cuenta con la posibilidad de activar en ambos practicantes poderosísimas sensaciones de placer (el orgasmo, la penetración, la estimulación de las zonas genitales) que tienen el objetivo de que los sujetos deseen practicar el sexo. Estas sensaciones, por sí solas, son capaces de activar el deseo de cópula en los individuos sin necesidad de que estén enamorados el uno por el otro. Aunque, como explicamos anteriormente, cuando hacemos el acto sexual por deseo propio ineludiblemente entran en juego, aunque sea por un nimio instante y con intensidad mínima, el conjunto de sensaciones emociones y sentimientos que denominamos Amor. Durante ese breve espacio de tiempo los dos sujetos confían en que el otro no les hará ningún daño, sienten necesidad de estar al lado de su pareja y están focalizados en ella. También los sentimientos de cariño, afecto, agrado, solidaridad, aprecio y comprensión que el Attachment nos hace experimentar para con nuestra pareja (un sujeto del que no estamos enamorados) ayudan mucho a la hora de tener sexo con esta.

Por el otro lado, en una gran parte de las parejas uno de los dos miembros está inmerso en la relación debido a la actuación de su comportamiento Apareamiento, esto quiere decir que ese sujeto sí está enamorado del otro individuo y por lo tanto, sí experimentará una necesidad irrefrenable de tener sexo con su pareja, quien accederá a tener sexo con el primero en busca de la satisfacción que genera la cópula (ayudado por los sentimientos de afecto, agrado, cariño, solidaridad y comprensión que experimenta para con su pareja) y o en pago por los bienes y servicios que recibe del otro. En el caso de esta segunda opción, cuando alguien tiene sexo solo en pago por los beneficios que se perciben del otro, sin que se experimente Attachment para con este sujeto, es muy posible que ni siquiera durante el breve tiempo que dura la cópula se produzca la oxitocina y la vasopresina. Por esta razón ella no se focalizará en él, ella no sentirá ninguna necesidad de estar con él y en ningún



**Fig. 24.** Para Laura Fernández su matrimonio con el abogado Rodríguez Menéndez fue un infierno, como reflejó en su diario. Y se sintió feliz el día que decidió matarlo. Ello es una evidencia de lo poderosos que son los sentimientos, sensaciones y emociones diseñados por la selección natural para evitar que copulemos con alguien que no ha sido elegido por nuestro MSBI.

momento se sentirá segura a su lado. Todo lo contrario, es muy probable que en este caso se generen sentimientos y sensaciones de aversión, rechazo, repulsa y hasta asco hacia la pareja. Estos sentimientos predicablemente los diseñaría la selección natural con el objeto de que los sujetos traten de evitar la cópula con individuos no elegidos por su Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos y que ni siquiera son capaces de despertar el Attachment en sus parejas.

### **El Attachment no siempre se produce**

Todo lo que hemos analizado y explicado acerca del Attachment nos conduce directamente a suponer que es muy probable que debido a la influencia del comportamiento Instinto Filial es muy posible que una mujer experimente automáticamente este tipo de sensaciones para con un hombre con el que se haya emparejada, sin estar enamorada de él, cuando este demuestra ser un excelente padre y la cubre de bienes y regalos de toda índole. Pero sin embargo, ¿quién no conoce un caso en el que, dándose estas mismas premisas, ella no experimenta el menor aprecio por él, sino que por el contrario le detesta, le aborrece y le odia? Esta circunstancia pone en entredicho todo lo que hemos explicado acerca del comportamiento Instinto Filial como base del Attachment porque, si este funcionase como hemos predicho, siempre que un hombre sea extremadamente bueno con una mujer necesariamente tendría que disfrutar del aprecio, del afecto, del cariño y de la solidaridad de ella para con él y esto no siempre sucede así. Por ejemplo



**Fig. 25.** No basta con ser bueno para lograr que nuestra pareja sienta para con nosotros el conjunto de sensaciones, emociones y sentimientos que integran el Attachment.

ejemplo Carlos (príncipe de Gales) le ofreció a Diana nada menos que una corona para ella y para sus hijos y sin embargo ella llegó a aborrecerlo tanto que a él no le quedó más remedio que refugiarse en los brazos de Camila, la única mujer que realmente le había amado. Cayetano Martínez de Irujo proporcionó a Genoveva el más alto status social y lujo a mansalva, pero esto no fue suficiente, ella terminó abandonándolo.

### **Importancia de la inteligencia social en función de lograr que nuestra pareja, no enamorada de nosotros, sienta el Attachment (apego) hacia nuestra persona**

Cuando un hombre no ha sido escogido por el MSBI de una mujer (ella no se siente vinculada a él a través de los procesos neuroquímicos que denominamos Amor) sino que ha sido elegido por el Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos de ella, o cuando ella ha dejado de sentir Amor por él, precisa ser capaz de hacer que ella experimente hacia él el conjunto de sentimientos, emociones y sensaciones que componen el Attachment para lograr así que ella sienta deseos y necesidad de permanecer a su lado. Predeciblemente sería suficiente con que él la colmara de atenciones, bienes materiales y cuidados para ella y para sus hijos, para que el Attachment lograra que esta mujer se sintiese bien dentro del matrimonio, pero esto no siempre sucede así. ¿Por qué? Con el objetivo de poder responder a esta interrogante explicaremos el funcionamiento del sistema de Recompensa. Ahora haremos un paréntesis con este fin.

### **El funcionamiento del sistema de Recompensa mesolímbico**

*El mecanismo que se encarga de recaptar la dopamina*

Comencemos por describir el funcionamiento del sistema mesolímbico de recompensa.

Para que se produzca la extraordinaria sensación de júbilo, vitalidad, regocijo y bienestar que denominamos Felicidad es preciso que las neuronas del accumbens se disparen al unísono. Y para hacer posible esto la neurona 1 libera dopamina desde una de sus dendritas. Esta dopamina se fija a una dendrita de la neurona 2 que casi toca a la dendrita de la neurona 1. La dopamina se fija gracias a que la dendrita de la neurona 2 cuenta con receptores dopaminérgicos. Estos son una especie de cerradura que tiene la forma inversa de la molécula de dopamina (la llave). Esto es lo que le permite al receptor dopaminérgico atrapar a las moléculas de dopamina. Además existe un importantísimo mecanismo que se encarga de recoger el neurotransmisor, tanto el que se haya libre como el que se ha acoplado a los receptores dopaminérgicos de la dendrita que la ha recibido (neurona 2) y lo traslada de vuelta a la dendrita que lo ha liberado (neurona 1) para que cada molécula de dopamina pueda ser reutilizada de nuevo en un momento posterior. (Volcow 1).

¿Por qué es necesario que exista un sistema que se encarga de trasladar la dopamina de vuelta a la neurona que la ha liberado, para que la selección natural tuvo que diseñar un mecanismo que recapta este neurotransmisor? La dopamina, como acabamos de describir, es el neurotransmisor que facilita la excitación conjunta de las neuronas que integran el sistema mesolímbico de recompensa (accumbens y del núcleo estriado), la excitación conjunta de estas neuronas genera las maravillosas sensaciones de felicidad, éxtasis, alegría, bienestar, regocijo, euforia y vitalidad que tanto anhelamos todos nosotros, en especial, aquellos que se han hecho adictos a ella, como los obsesos por el sexo, la comida y las drogas. (Volcow 2). Pero la selección natural necesita que este maravilloso premio solo sea percibido por el sujeto cuando haya cumplido con alguna de las tareas inalienables a la vida. Este es su cometido, gratificarnos para que el recuerdo del premio nos haga desear hacer aquellas cosas que conducen a cumplimentar con las funciones relacionadas con la subsistencia (comer, dormir, buscar pareja, cuidar la descendencia, solucionar un problema, defender un territorio, copular, etc). Pero si después de que hayamos experimentado el premio la dopamina continua adherida a los receptores de las dendritas que la reciben, continuarán disparándose al unísono ambas neuronas y con ellas el resto de las neuronas que integran el mecanismo de Recompensa mesolímbico y la sensación de alegría, vitalidad, euforia, regocijo, seguridad y bienestar que experimentamos no acabaría nunca. Aunque nuestro mayor anhelo es el de poder ser felices siempre, la consecuencia de que algo así suceda es nefasta para la vida ya que los sujetos no tendrían que cumplimentar con ninguna otra tarea inalienables a la subsistencia para así poder

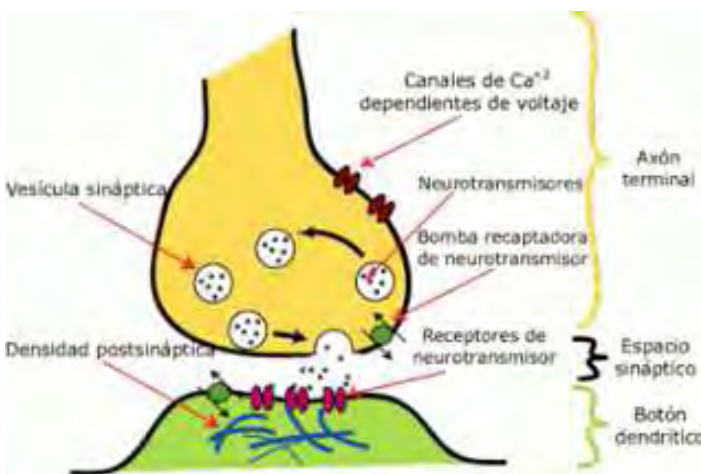


experimentar esta maravillosa recompensa. Y como consecuencia no buscarían comida, no cuidarían a sus hijos, no buscarían pareja, ni trabajo, ni defenderían territorios. Una prueba de que esto podría suceder así es el experimento realizado por Peter Miler y James Olds en 1953 en el que se le implanta un electrodo a una rata en la zona de placer (septum, muy cerca del accumbens), un electrodo conectado a una palanca que cuando el roedor la pisa recibe una descarga eléctrica en esta zona. El resultado es que los individuos dejan de comer y hasta de dormir con tal de continuar pisando la palanca una y otra vez sin cesar, como consecuencia de ello terminan muriendo por falta de sueño e inanición. También los excesos de dopamina en la vía de recompensa, como los que provoca la drogodependencia, ocasionan una drástica disminución del número de receptores dopaminérgicos. Ello trae como consecuencia que la satisfacción (el premio) que da el comer, el ir con amigos, el cuidar de los hijos, el resolver un problema, el ir a la playa, el conseguir un buen trabajo, el aprobar un examen o el estar con nuestra pareja se vuelve casi insignificante y como consecuencia de esto los drogodependientes dejan de cumplir con todas estas tareas indispensables para la vida. (Volcow 2). Esta circunstancia también ilustra el hecho de que cuando la sensación de recompensa dura más de lo que debe durar (cuando la dopamina no se desprende a su debido tiempo de los receptores dopaminérgicos), dejamos de tener deseos de complimentar con el resto de las tareas inalienables a la vida. Esta es la poderosísima razón por la que predicablemente existe el mecanismo que se encarga de recaptar el exceso de dopamina en el sistema de Recompensa.

*Necesidad de desarrollar un mecanismo que produzca un proceso de Acostumbramiento*

Pero la existencia de un mecanismo que recapta la dopamina no resuelve por entero el problema del sistema de Recompensa a la hora de garantizar que los animales cumplamos con todas las tareas necesarias para la supervivencia ya que los sujetos todavía tienen la posibilidad de complimentar una y otra vez, sin parar, con la misma función, con tal de obtener la recompensa ligada a esta y como están experimentando una y otra vez esa maravillosa sensación de placer, euforia, vitalidad, bienestar y regocijo, no cumplirían con ninguna otra tarea ligada a la supervivencia. Por esta razón a la selección natural todavía le hace falta diseñar otro nuevo mecanismo para que impida que los sujetos se concentren en cumplir una única tarea, tendría que diseñar un mecanismo capaz de acotar el tiempo durante el cual vamos a experimentar la recompensa que recibimos por complimentar con una misma tarea relativa a la vida. O lo que es lo mismo que decir, todos los comportamientos innatos que utilizamos para sobrevivir y transmitir los genes a la descendencia tendrían que contar con un sistema de cuenta atrás, con un mecanismo de Conteo Regresivo que ponga fin a la maravillosa sensación de felicidad, euforia, vitalidad y regocijo que experimentamos al cumplir con estas tareas. ¿Qué características debería tener este mecanismo de Conteo regresivo?

Cuando un sujeto cumple una y otra vez, sin parar, con la misma función con la intención de percibir la recompensa, el premio que recibe tendría que ser un poco menor que el que obtuvo la vez anterior y así sucesivamente hasta que la sensación de felicidad, euforia, bienestar, vitalidad y regocijo que experimenta es tan insignificante que no le hace desear cumplir otra vez con esta misma tarea. Es decir, la selección natural necesita diseñar un mecanismo de Conteo Regresivo capaz de generar un proceso de Acostumbramiento que haga que la recompensa que se obtiene por complimentar una y otra vez con una misma función sea cada vez menor, hasta que termine por desaparecer. Ya que esta situación es la que haría que, si un ser quiere volver a experimentar la maravillosa sensación de placer, bienestar, euforia, vitalidad y regocijo característica de la recompensa no le quede más remedio que cumplir con alguna otra tarea inalienable a la vida. Nora Volcow nos describe este proceso de Acostumbramiento de la siguiente forma. A mi me gusta mucho el chocolate negro y me produce una satisfacción enorme comerlo, pero después de que he comido dos tabletas y media dejo de sentir satisfacción. (Volcow 2). En el artículo "El altruismo desde el punto de vista de nuestros memes" también expusimos un ejemplo de este proceso de



**Fig. 26.** Si no existiese un mecanismo encargado de recaptar la dopamina el sistema de recompensa no serviría absolutamente de nada.

Acostumbramiento. Este se refería a los niños hijos únicos de familias numerosas a los que padres, abuelos, tíos y otros parientes bombardean incessantemente con juguetes y regalos. En este caso llega el momento en el estos niños dejan de sentir la menor satisfacción cuando reciben un nuevo regalo, sin importar lo caro, lo bueno y lo interesante que resulte el juguete para otros niños. Estos ejemplos ponen de manifiesto que el proceso de Acostumbramiento, al menos en nosotros, se produce.



**Fig. 27.** El exceso de regalos provoca un proceso de acostumbramiento en el sistema de Recompensa de los niños. El resultado de ello es que cada vez experimentan menos satisfacción cuando reciben un juguete.

#### *Funcionamiento del mecanismo de Conteo Regresivo*

¿Como funcionaría el mecanismo que produce el proceso de Acostumbramiento? Comencemos por describir el mecanismo que se conoce, el que genera el proceso de Acostumbramiento relacionado con la drogodependencia. Cuando se consumen sustancias estupefacientes como la cocaína, la droga bloquea el mecanismo que se encarga de recaptar el neurotransmisor, lo que genera ingentes cantidades de dopamina que permanecen durante bastante tiempo adheridas a los receptores dopaminérgicos. El resultado de ello es que los sujetos experimentan por bastante tiempo y con gran intensidad una espectacular sensación de euforia, bienestar, seguridad en sí mismos, regocijo, satisfacción y vitalidad. Esto les permite acceder de manera continuada a los maravillosos premios que diseñó la selección natural para motivarnos a desarrollar las tareas necesarias para la supervivencia sin tener que cumplir con ninguna de ellas. ¿Qué consecuencias acarrea esta situación? La Dra. Nora Volkow ha demostrado que, debido a que todo en un organismo vivo tiende a la homeostasis, con el consumo continuado de sustancias estupefacientes comienzan a disminuir paulatinamente la cantidad de receptores de dopamina que hay en el sistema mesolímbico de recompensa. El resultado de ello es que la dopamina que va a poder ser



**Fig. 28.** La Dr. Nora Volkow, una de las autoridades mundiales en drogodependencia, demostró que las personas adictas a la cocaína pierden gran parte de los receptores dopaminérgicos del mecanismo de Recompensa mesolímbico. Ello es la razón por la que pierden por completo el interés en hacer las cosas relacionadas con la supervivencia.

captada cada vez es menos y como consecuencia el premio, la sensación de euforia, seguridad y vitalidad que siente un drogodependiente cada vez que consume va a ser menor que la que experimentó la vez anterior. Así se genera un proceso de Acostumbramiento que termina por hacer que los sujetos sientan muy poca o ninguna satisfacción cuando consumen. (Volkow 1).

Sin embargo los drogodependientes cada vez sienten más deseos por consumir, ¿por qué sucede esto? Por que las drogas también ocasionan importantes cambios en la estructura del cerebro que provocan que los drogodependientes experimenten terribles sensaciones de malestar, dolor y sufrimiento atroz (síndrome de abstinencia o mono) cuando no consumen (Volkow 1). Así que al final lo que les obliga a consumir no es la satisfacción que ello debería generarles, sino el mitigar el gran sufrimiento que les produce el no consumir.

El proceso de Acostumbramiento que acabamos de describir se genera como consecuencia de que existe un mecanismo que, en la medida que se incrementa el consumo de estupefacientes, va haciendo que disminuya la cantidad de receptores de dopamina que hay en el sistema de Recompensa mesolímbico.

¿Sería este sistema el que emplea la selección natural para lograr que los individuos no nos concentremos en cumplir con una única tarea inalienable a la vida, sino que deseemos cumplir con todas, será este el mecanismo de Conteo Regresivo? Este proceso de acostumbramiento relacionado con la drogodependencia (la desaparición de los receptores dopaminérgicos) no sirve para resolver este problema porque la desaparición de los receptores dopaminérgicos provoca que durante un tiempo muy prolongado, meses y hasta años, no se fija la suficiente cantidad de dopamina como para que el sistema de recompensa sea capaz de producir una sensación de felicidad, euforia y vitalidad lo suficientemente fuerte como para hacer que los sujetos deseen hacer las cosas necesarias para la

supervivencia con la esperanza de recibir la recompensa. La vida de los drogodependiente, sobre todo la de los heroínómanos, se circunscribe a reunir el dinero suficiente para poder adquirir una nueva dosis, dejan de sentir deseos de hacer ninguna otra cosa que no sea esta. (Volcow 1).

Descartado el mecanismo que produce el Acostumbramiento en los casos de drogodependencia, que es el que conocemos, tendremos que desarrollar una hipótesis que nos permita entender como podría funcionar el mecanismo que produce el proceso de Acostumbramiento que se encarga de que deseemos cumplir con todas las funciones relativas a la supervivencia y no con una sola de ellas. Sería descabellado no suponer que la selección natural no utilizase para resolver este problema el mismo mecanismo que diseñó para lograr que la recompensa no durase para siempre. Ya que estos dos asuntos (el que la recompensa no durase para siempre y el que la recompensa que se obtiene por cumplir con una tarea inalienable a la vida se acabe para que el sujeto, si quiere experimentar otra vez el premio, tenga que cumplir con otra función relativa a la supervivencia) son las dos vertientes del mismo problema. La necesidad de crear un mecanismo de Conteo Regresivo que haga que los sujetos deseemos complimentar con todas las tareas necesarias para la supervivencia. Así que, ¿cómo lograría el mecanismo que recapta la dopamina del sistema de Recompensa que los sujetos no deseásemos cumplir con una única tarea relacionada con la supervivencia sino que queramos cumplir con todas?

Propongo que es posible que el mecanismo que recapta la dopamina va a ir incrementando paulatinamente la velocidad con la que recapta el neurotransmisor y la cantidad de dopamina que devuelve a la neurona (1) que la libera. Describamos este proceso de Acostumbramiento. Con cada nuevo chute de dopamina provocado por el cumplimiento de la misma tarea el mecanismo recaptador se vuelve un poquito más rápido, esto quiere decir que va a comenzar a ser capaz de recoger la dopamina liberada, incluso, antes de que esta pueda fijarse a las dendritas de la neurona que la recibe. De esta manera habrá menos cantidad de neurotransmisor en la neurona 2 provocando que la intensidad con la que se produce el disparo conjunto de ambas neuronas (y con ellas el disparo del resto de las neuronas) sea menor y por consiguiente el premio (la sensación de felicidad) que sentirá el sujeto será un poco menos intenso que la vez pasada. Esto sucedería así una y otra vez, cada vez que el sujeto realiza la misma función, hasta que llega el momento en el que el mecanismo que recapta la dopamina se ha vuelto capaz de trabajar con tanta celeridad que apenas llega neurotransmisor a los receptores de la neurona 2 y como consecuencia la sensación de euforia, felicidad, vitalidad y

regocijo que experimenta el sujeto se vuelve insignificante y como resultado de esto no desea seguir cumpliendo con esta misma tarea inalienable a la vida. Comer chocolate deja de generarle satisfacción a la Doctora Volcow.

*La posibilidad de que el mecanismo que recapta la dopamina se resetee*

Pero este mecanismo propuesto tiene un serio inconveniente. Un sistema recaptador de dopamina que continuase funcionando a marchas forzadas también impediría que se fijara la dopamina cuando cumplimos con alguna otra función relativa a la supervivencia y como consecuencia no sentiríamos felicidad y regocijo cuando vencemos a un rival, no sentiríamos bienestar, euforia y vitalidad cuando comemos, no nos sentiríamos bien cuando hacemos felices a nuestros hijos, etc. Esta situación nos conduce a pensar que es muy probable que el mecanismo que genera el proceso de Acostumbramiento tiene la capacidad de resetearse, la posibilidad de comenzar desde el nivel mínimo de capacidad para recaptar dopamina, cada vez que el sujeto cambia de tarea y comienza a cumplir con una nueva función inalienable a la supervivencia.

### **Volvamos ahora al Attachment y a la importancia de la inteligencia social**

Este proceso de acostumbramiento, como ilustramos, también se produce cuando recibimos bienes y regalos indiscriminadamente. La situación es la siguiente. Un miembro de la pareja, generalmente él, desea que ella esté contenta a su lado y para eso constantemente le ofrece presentes y regalos de toda clase. Al principio esto surte su efecto, ella experimenta una gran satisfacción, felicidad y bienestar con cada bien que recibe lo que hace que su IF le genere sensaciones de aprecio, agradecimiento, afecto y solidaridad hacia ese individuo (el Attachment). Pero con el tiempo, ante las constantes oleadas de dopamina, el sistema que la recapta comienza a trabajar a destajo incrementando su capacidad para reducir la cantidad de este neurotransmisor en el sistema de Recompensa (produciendo el proceso de Acostumbramiento). El resultado es que ni si quiera el regalo más caro, el presente más ostentoso y rebuscado, ni la joya más rutilante logra generar en ella la más mínima sensación de felicidad. Así que el Mecanismo de Attachment (el instinto Filial) no encuentra razón para generar en ella las sensaciones de apego hacia este hombre debido a que lo que este ofrece no reporta ningún beneficio, no hace que ella se sienta feliz.

¿Que importancia tiene en todo esto la inteligencia social? La capacidad de él para meterse dentro del cerebro de ella de manera de

saber lo que ella quiere, cuando lo necesita y en que proporción lo necesita es lo que le da la posibilidad a de ofrecer lo que ella más desea, en el momento que más lo necesita y en la proporción justa en la que lo precisa. Esto hace que cada cosa que el le ofrece a ella, por muy nimia, barata e insignificante que sea, sea capaz de despertar la más grande de las sensaciones de satisfacción, bienestar y felicidad, evitando de esta forma que se produzca el nefasto proceso de Acostumbramiento. La consecuencia de ello es que el mecanismo de Attachment de ella se encargará de generar hacia este señor de gran inteligencia social profundos sentimientos de cariño, agradecimiento, afecto, solidaridad, apego y aprecio con el objeto de hacer que ella no se separe de este individuo que tanto bien le hace.



**Fig. 29.** El Attachment es capaz de lograr que una persona joven y guapa se sienta bien y feliz estando emparejada con un hombre mayor y o de poca calidad genética. También hace posible que dos personas vivan felices después de que ha pasado la etapa del Amor.

### *El tremendo problema del Attachment*

Mantener a alguien unido a ti mediante el Attachment permite a muchas personas de gran inteligencia social mantener sus matrimonios mucho más allá de la etapa de enamoramiento. Y también permite a hombres y a mujeres de menor calidad genética y o que ya han sobrepasado la etapa de máximo esplendor de sus genes mantener a su lado a sujetos de gran calidad genética que se hallan en la etapa de máximo apogeo genético. Pero esta gran ventaja está unida a un gran inconveniente. Cuando el Mecanismo que selecciona los Beneficios Directos nos empareja con alguien mediante el Attachment no nos inunda el cerebro con oxitocina ni con vasopresina, es decir, el mecanismo de Apego no nos fideliza para con el individuo con el que estamos emparejados. Así que como consecuencia de ello continuamos teniendo deseos de aparearnos con otros sujetos, sobre todo, con los poseen mayor calidad genética que nuestra pareja, tal y como le sucede a las golondrinas comunes, a las carriceras tordal, a las herrerillas comunes, a las maluras soberbias y a muchas mujeres. Por ejemplo, durante el período fértil no aumenta el interés de la mujer

por su pareja pero sí por otros hombres. Las mujeres emparejadas con hombres de poca calidad genética que tienen relaciones extramaritales, tienen el doble de probabilidades de tener orgasmo y de quedar embarazadas que cuando copulan con sus maridos. En las relaciones sexuales esporádicas las mujeres seleccionan hombre más atractivos. Las mujeres que tienen pocos orgasmos en su relación de pareja declaran sentirse más atraídas por otros hombres de mayor calidad genética que sus maridos. (Soler 2012, pag. 155 y 178). Aquí el Attachment entra en contradicción con sigo mismo. Veamos. El objetivo de alguien que mantiene a otra persona unida a él, mediante el Attachment que esta siente por él, es poder disfrutar de ese otro individuo en exclusivo. Pero para que el otro sujeto experimente ese Apego hacia nosotros es imprescindible que se satisfagan sus necesidades, sobre todo aquellas a las que el otro ser le da más importancia. Al respecto podríamos decir sin temor a equivocarnos que la selección natural, en atención a la importancia que tiene el Apareamiento para la existencia misma de las especies, se encargó de diseñar para obligarnos y motivarnos a copular con individuos de gran calidad genética un sistema de emociones, sentimientos y sensaciones (el Amor) que con mucha regularidad suele ponernos de rodillas, literalmente. En otras palabras, el sentimiento de Amor (desarrollado para que dos individuos copulen) es multitud de veces más poderoso que el más grande de los sentimientos de aprecio, apego, solidaridad, gratitud y cariño que pudiera producir el Attachment. Así que por mucho apego, cariño, aprecio y afecto que sienta una carricera tordal, una herrerilla común, una mujer o una golondrina común para con su pareja, cuando aparece el deseo y la necesidad de aparearse con otro individuo de superior calidad genética el Attachment no tiene nada que hacer, se vuelve sencillamente insignificante.



**Fig. 30.** Josefina estaba unida a Napoleón por intermediación del Attachment, ella nunca le amó. Ello la hizo necesitar buscar otras relaciones al margen de la que tenía con el hombre más poderoso de su época.

Ahora recapitulemos. Para que alguien sienta Attachment por nosotros es preciso que satisfagamos sus necesidades. Pero resulta que una de las necesidades más importantes de todos los individuos es la de aparearse con sujetos de gran calidad genética, sobre todo, si ese ser se halla emparejado a alguien de inferior calidad. Por consecuencia de esta circunstancia, para mantener a otro ser atado a nosotros mediante el Apego, se hace necesario que hagamos la vista gorda para facilitarle que satisfaga esa importantísima necesidad porque de otra manera no se generarían en su cerebro el conjunto de sentimientos, sensaciones y emociones (el Attachment) que le mantienen a nuestro lado. Pero, ¿cómo hacer la vista gorda, cómo permitir, como facilitar que la persona amada esté con otro? Recordemos que una de las funciones del cóctel neuroquímico (el Amor) que se desata en el cerebro cuando el MSBI elige a alguien como pareja es hacernos sentir que ese otro ser nos pertenece a nosotros y a nadie más. En los hombres la vasopresina conecta "enciende" la amígdala derecha cuando se enfrentan a una infidelidad de ella. Aquí se eleva el nivel de dihidrotestosterona que aumenta el deseo de confrontación física. (López Moratalla). De esta manera se vuelve contra nuestros propios intereses el empleo del Attachment para mantener a alguien a nuestro lado. Debido a esta circunstancia durante muchos siglos han existido en muchos lugares normas de conducta restrictivas y leyes destinadas a castigar duramente a las mujeres casadas que tuviesen sexo con otro hombre. Leyes en las que se reconocía la propiedad del hombre sobre la mujer y por ende el derecho de él a decidir sobre la vida o la muerte de ella. Leyes hechas por los machos ricos y poderosos con la intención de acaparar para su uso exclusivo a las mujeres más guapas. Pero en la actualidad todo ha cambiado y las leyes a quien castigan es al macho que da rienda suelta a los impulsos homicidas que le provoca la oleada de dihidrotestosterona que se ha generado en su cerebro al descubrir que su pareja le está siendo infiel o que le ha abandonado por otro. Por esto, de lo que se trata, es de contener a toda costa el volcán furibundo de los celos.

### *La importancia de la educación Social*

¿Como es posible que alguien pueda superar una situación así? ¿Cómo es posible que una persona pueda vencer la segadora sensación de celos que necesariamente le estaría generando su comportamiento Apareamiento de manera de obligarle para que haga todo lo necesario (que luche y mate si es preciso) para lograr que su pareja de buenos genes y o joven permanezca a su lado? Pues con mucha inteligencia social, especialmente me refiero a la que se gana después de haber vivido muchos años. Hablo del

conjunto de conocimientos que conducen a alguien a la misma conclusión a la que llegó Pablo Milanés cuando cantaba aquello de "La prefiero compartida antes de vaciar mi vida". Este conocimiento explicaría al comportamiento Apareamiento que tiene dos opciones. 1 Hacer la vista gorda (imagen causa) provocará perderla en parte durante algún tiempo (imagen consecuencia). 2 Dar rienda suelta a los celos y actuar en consonancia (imagen causa) conducirá a perderla completamente para siempre (imagen consecuencia). Así que si hemos logrado demostrarle (durante el transcurso de nuestra vida) a nuestro comportamiento Apareamiento que tenemos una gran inteligencia social y por ende infinitos recursos para hacer que ella vuelva a nosotros, nuestro comportamiento Apareamiento cederá.

Pero si es el caso contrario, nuestra inteligencia social, nuestra capacidad para meternos dentro de la mente del otro deja mucho que desear. Nuestro comportamiento Apareamiento reclutará la ayuda del comportamiento Enfado-Ataque de la amígdala, este tomará cartas en el asunto y ordenará producir la dihidrotestosterona y la cosa acabará muy mal. Por esta razón es muy conveniente en este momento poder mostrarle a nuestra amígdala lo que sucede cuando en el marco de una situación de engaño o de abandono se da rienda suelta al comportamiento Enfado-Ataque. Veamos.

En este caso se enfrentan el comportamiento Apareamiento y el comportamiento Enfado-Ataque de un lado y el comportamiento Miedo-Huída por el otro. ¿Quién gana en este forcejeo? Si le hemos hecho saber al comportamiento Apareamiento que la vida puede seguir después de ella probablemente salga vencedor el comportamiento Miedo-Huída de la amígdala, quien evitará que hagamos una locura gracias la poderosísima sensación de miedo (pánico a ir a la cárcel) que nos hará experimentar. Pero si estamos convencidos de que sin ella nuestra vida deja de tener sentido, sin dudas nuestro comportamiento Apareamiento logrará que se imponga el comportamiento Enfado-Ataque de la amígdala quien mandará a producir la dihidrotestosterona y será el desastre.



**Fig. 31.** El comportamiento Apareamiento se entera del engaño y recluta al comportamiento Enfado-Ataque de la amígdala, este manda a producir la dihidrotestosterona y entonces ocurre el desastre. Medea mata a sus hijos para vengarse de Jasón y Otelo asesina a Desdémona.

Este análisis que acabamos de hacer nos revela la tremenda importancia que tiene la educación social desde la más temprana infancia. Me refiero a la educación para la tolerancia, a la adquisición de los conocimientos que nos permita desarrollar un eficiente control emocional. Estoy hablando del entrenamiento progresivo e intensivo que nos permitirá desarrollar la importantísima tolerancia ante la frustración. No podemos arrancarnos del cerebro los núcleos neuronales que nos provocan los sentimientos de propiedad sobre nuestra pareja, de celos y de agresividad cuando esta nos engaña o abandona. Estos seguirán espoleándonos y atormentándonos hasta que logremos modificarnos genéticamente para hacerlos desaparecer para siempre. Pero mientras tanto sí podemos convencer a los comportamientos que nos imponen estos sentimientos nefastos de que existe una manera mucho más eficiente de lograr que ella o él vuelva a nuestro lado y de que si no lo logramos, no pasa nada, siempre habrá otro palo que aguante nuestra vela. Y esto lo podremos hacer gracias a la inteligencia social.

La inteligencia social crece y fructifica de forma natural, sin que tenga que ser enseñada en la escuela, en un gran grupo de personas, especialmente en las mujeres ya que estas tienen una predisposición cognitiva que facilita su adquisición. Pero igualmente existe otra gran cantidad de individuos, entre los que también hay mujeres, cuya capacidad cognitiva no está debidamente configurada para la correcta confección de implicaciones causales de cadena corta (la variedad de conocimientos que son la base de la inteligencia social). (Pérez 2014 (2)). Este nutrido grupo de seres precisa de que se le enseñe desde la más temprana infancia educación social. Precisa de que se le expliquen los principios y leyes que rigen y controlan las relaciones entre personas ya que de otra forma no son capaces de llegar a adquirir estos conocimientos. Creo sinceramente que el día que nos demos cuenta de ello el mundo se convertirá en un lugar mejor en el que vivir.

### *Concluyendo*

¿Qué es el Attachment? Es el conjunto de emociones sensaciones y sentimientos que nos hace experimentar el Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos con el objeto de lograr que estemos unidos a un individuo que no ha sido elegido por nuestro MSBI. Ahora podemos ofrecer una explicación coherente al caso del maluro soberbio. El comportamiento de las chicas de Maluro soberbio no pone en entredicho la hipótesis de que el Amor es el conjunto de emociones, sensaciones y sentimientos que diseñó la selección natural para lograr que dos individuos pudiesen copular. Y no la niega porque lo que mantiene unida a la Malura soberbia a su harén de machos no es el

comportamiento Apareamiento (Amor) sino el comportamiento Emparejamiento (Attachment).

Pero solo hemos resuelto la mitad del problema, todavía hay una parte de él que sigue poniendo en entredicho la hipótesis de que el conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos Amor no es otra cosa que el comportamiento diseñado por la selección natural para que dos individuos puedan aparearse. Ahora toca intentar dar una solución al problema que nos plantea el hecho de que las maluras soberbias copulen con machos con los que no se emparejan.

### **El mecanismo de Conteo Regresivo del comportamiento Apareamiento. La cuenta atrás del Amor**

*Las maluras soberbias vuelven a poner en entredicho la hipótesis de que el Amor y el comportamiento Apareamiento son la misma cosa*

¿Por qué el hecho de que las maluras soberbias, las golondrinas comunes, las carriceras tordal y las herrerillas comunes copulen con chicos con los que no están emparejadas pone en entredicho la hipótesis que sostenemos en este trabajo? Hemos explicado que el conjunto de sentimientos, sensaciones y emociones que denominamos Amor probablemente no son otra cosa que el mecanismo neuroquímico diseñado por la selección natural para lograr que dos individuos sientan la necesidad de estar juntos de manera de que puedan copular. El que una malura soberbia copule con un sujeto con el que no está oficialmente emparejada nos hace pensar que, el hecho de formar una pareja no es necesario para que se produzca la cópula. Y esta conclusión contradice toda la hipótesis desarrollada en este trabajo. ¡O no.....! ¿Qué es lo que hace que una malura soberbia desee volver con sus esposos (de inferior calidad genética) después de haber copulado con un chico con buenos genes, de quien, presumiblemente (según esta hipótesis) tubo que enamorarse para poder copular con él? ¿Por qué ese sentimiento de Amor que le ha permitido (según esta hipótesis) copular con un macho vecino no la hace desear continuar junto a este sujeto?

### *Conflicto entre el MSBI y el MSBD*

#### *MSBD vs. MSBI.*

Comencemos por ofrecer una respuesta a la primera de estas dos interrogantes. Es lógico pensar que la selección natural se puede dar el lujo de que una golondrina común se empareje con un chico de cola larga (buenos genes) aunque este no coopere en la crianza de los pollos ya que es muy posible que ella pueda ser capaz de sacar adelante por sí sola la nidada en el marco de unas

condiciones favorables en lo que respecta a seguridad y a existencias de comida. Lo contrario sucede con la malura soberbia, ella necesita no solo a un macho, sino a varios, para garantizar la alimentación, el cuidado y la protección de la prole. De aquí que sea razonable intuir que en este caso la selección natural no se puede dar el lujo de que una malura soberbia se empareje con un gañan engreído al que solo le interesa el apareamiento con todas las chicas que sea posible. En otras palabras, la selección natural diseñó dos mecanismos distintos de selección de pareja, el MSBD y el MSBI, dos mecanismos que buscan cada uno aptitudes y actitudes bien diferenciadas que no necesariamente están presentes en el mismo sujeto. Así que la probabilidad de que uno de los mecanismos de selección de pareja pudiese seleccionar a un candidato y el otro se decantara por un segundo sujeto distinto del primero creaba un complejísimo problema para la selección natural. ¿Cuál de las dos opciones debería ser la que al final fuera asumida por la chica? Para resolver este complejo dilema la selección natural tendría que diseñar un sistema que permitiera que los individuos se decantaran por la mejor de las dos variantes en cada caso. Es decir, era preciso elaborar un sistema que hiciese prevalecer la elección realizada por uno de los dos mecanismos por encima de la elección hecha por el otro. Un sistema que garantizase que la elección que al final resultase ganadora fuese siempre la más ventajosa a la hora de transmitir los genes a la próxima generación.

¿Como pudo haber solucionado este interesante dilema la selección natural? Para poder entender la solución empleada por la selección natural comenzaremos por volver a describir a cada uno de los dos contendientes que participan en la pugna para imponer la pareja elegida por él. Por un lado tenemos al Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos, quien cuenta con la fuerza volcánica y con la potencia telúrica del conjunto de sensaciones, sentimientos y emociones que denominamos Amor. Los procesos neuroquímicos que generan estas sensaciones, emociones y sentimientos provocan una confianza ciega en el otro ser y la imperiosa necesidad de estar a su lado además de poderosísimas sensaciones de afecto y cariño hacia ese sujeto. Por el otro lado tenemos al Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos que cuenta con las emociones, sensaciones y sentimientos del comportamiento Instinto Maternal. Estas se encargan de garantizar que la madre cuide, alimente y proteja a sus descendientes y crean en ella poderosísimos sentimientos de amor y cariño hacia los hijos unido a la avasalladora emoción Compasión. También dispone de la opción de hacer que la madre experimente un miedo atroz e irracional ante la sospecha de que le pudiese suceder algo

malo a alguno de sus descendientes y una sensación de sufrimiento inimaginable, pena abrumadora y dolor insoportables cuando algún hijo muere. Además el MSBD dispone del conjunto de emociones sensaciones y sentimientos que controla la amígdala con el objetivo de garantizar el bienestar propio y también con el conjunto de emociones, sentimientos y sensaciones que integran el Attachment. Que se encargan de que sintamos aprecio, afecto y cariño hacia las parejas cuando estas cooperan con nosotros, nos ayudan, nos protegen y comparten nuestros fines.



**Fig. 32.** El comportamiento Instinto Maternal se encarga de producir el más lacerante de los sufrimientos para castigar a las madres que han perdido a un hijo, con ello la selección natural se asegura que en el futuro harán ellas lo posible y lo imposible por mantener a salvo a sus descendientes.

*¿Cuál de los dos mecanismo de selección de pareja resulta vencedor?*

Ahora nos toca ilustrar como se produce el combate entre ambos mecanismos de selección de pareja. Cada uno de los dos sistemas de selección de pareja expondría, a través de las emociones, sensaciones y sentimientos que controla, la necesidad de que se adopte la elección realizada por él (el candidato que ha seleccionado) en detrimento de la otra elección. La fuerza con la que cada uno de estos dos sistemas expondrá sus razones (la fuerza, intensidad y potencia de las emociones que activará para hacerse oír) dependerán de las condiciones de vida de la especie en cuestión y de cada caso en específico.

El MSBD. Por ejemplo, mientras más difícil se hace la tarea de alimentar, cuidar y proteger a las crías, con más fuerza y potencia el Instinto Maternal activarían las sensaciones de miedo y pánico a que los hijos perezcan si no se elige a al sujeto que ha demostrado que va a ser un buen padre. Si la madre pasará toda la temporada de incubación encima del nido, sin poder comer y las fuentes de alimento son escasas, con más fuerza se activará la sensación de miedo (impuesta por la amígdala) a pasar hambre por falta de alimentos como consecuencia de no

haber elegido un macho capaz de suministrar constantemente cebras. El MSBI. Mientras más acentuada es la calidad genética del chico, la sensación de necesidad de estar con ese individuo incrementará su intensidad hasta hacerse insoportable el dolor que genera el miedo a perderle. Estas son a grandes rasgos algunas de las sensaciones, emociones y sentimientos que entran en liza cuando ambos mecanismos de selección de pareja de la chica apoyan a individuos diferentes. ¿Quién ganará esta batalla, quién logrará imponer su decisión?

¿Quién resulta vencedor? El que una chica elija a un chico muy guapo para aparearse y emparejarse (con buenos genes) garantiza que la descendencia tendrá buena resistencia ante las enfermedades y parásitos y también asegura que estos hijos (de buenos genes) serán elegidos en el futuro por otras chicas. Así que esta sabia elección garantiza sin dudas el paso de los genes de la madre a las postreras generaciones. Pero si las condiciones de vida de la especie es tal, que solo con un esfuerzo denodado por parte de ambos progenitores se puede sacar a delante la prole, lo que es prioritario, lo que realmente es importante cambia por completo. Porque no importa los buenos genes que un macho pueda aportar a la descendencia, si esta muere de hambre o los individuos no se desarrollan sanos y fuertes, no pasará ningún gen de la madre a la posteridad. De manera que en una situación así, lo más necesario para la selección natural a la hora de decidirse con quien se emparejará la chica sería lograr que la elección se decantase por el emparejamiento con el sujeto que demostrase ser el mejor padre (esta es la selección auspiciada por el MSBD), aunque el sujeto no fuese un buen ejemplar desde el punto de vista genético. En otras palabras, la chica experimentará más necesidad de estar al lado y de convivir con el sujeto buen padre que con el tío guapo (de buenos genes).



**Fig. 33.** En un primer momento el MSNI de la hembra de *Uca anaulipes* selecciona al macho según su tamaño y si este pasa la prueba, seguidamente su MSBD va e inspecciona la cueva que este posee. (Soler 2012, pag. 104-106). Ello es una prueba de que para la selección natural es muy importante que nuestra pareja tenga buenos genes, pero es más importante aún el poder garantizar la supervivencia de los descendientes.

Esta es la poderosísima razón por la cual las maluras soberbias no se quedarían al lado de los chicos guapos con los que han copulado (estos ya cuidan los hijos de otras por lo que no podrían ser buenos padres para sus pollos) y vuelven con sus machos de menor calidad pero entregados en cuerpo y alma a la tarea de alimentar, cuidar y proteger a la descendencia. Pero esto no solo sucede a las maluras soberbias, hay otro importantísimo linaje de hembras en las que el Mecanismo Selector de Beneficios Directos

es quien lleva la voz cantante a la hora de decidir con quien se emparejan. Veamos

Durante el período fértil las mujeres se sienten más atraídas por el olor de hombres más simétricos y de rostros más masculinos (con mejores genes que los de su pareja). Durante el período fértil no aumenta el interés de la mujer por su pareja, pero sí aumenta por otros hombres. Las mujeres emparejadas que tienen relaciones extramaritales tienen más del doble de probabilidades de alcanzar el orgasmo y de quedar embarazadas que cuando copulan con sus maridos. En las relaciones sexuales esporádicas las mujeres seleccionan hombres más atractivos, con mejores genes (Soler 2012, pag. 178). Las mujeres emparejadas con hombres de más calidad genética (más atractivos) declaran tener mayor cantidad de orgasmos que las emparejadas con individuos menos guapos. Las mujeres que tienen pocos orgasmos en su relación de pareja estable declaran sentirse más atraídas por relaciones sexuales con otros hombres, que las mujeres que disfrutan de orgasmos frecuentes con su pareja. Las mujeres con pareja estable que mantienen relaciones extramaritales tienen más del doble de posibilidades de tener orgasmo con sus amantes que con sus maridos. Estas mujeres solo mantienen relaciones extramaritales con hombres de más calidad (Soler 2012, pag. 155). Todos estos datos, producto de investigaciones serias, confirman que, a pesar de todo lo que ha avanzado nuestra sociedad en la dirección de igualar la mujer al hombre, en una gran mayoría de mujeres quien lleva la voz cantante a la hora de elegir al hombre con el que se van a emparejar es su Mecanismo que Selecciona Beneficios Directos, lo mismo que sucede a las maluras soberbias. Esto nos da una idea de lo lejos que está todavía la verdadera y total emancipación de la mujer. Esta solo se hará realidad cuando el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos de una chica sea quien detente en exclusivo la potestad de elegir a la persona que será su pareja. El que MSBI sea el único responsable de la elección de la pareja de una chica significará la completa y definitiva liberación de la mujer porque esto solo podrá suceder cuando las mujeres no dependan económicamente de nadie.





**Fig. 34.** En el caso de la jacana hembra (debajo), quién elige la pareja es en exclusivo su MSBI ya que ella es la propietaria del territorio en el que va a asentarse el macho. Por el contrario, quien elige pareja por parte del chico es el MSBD debido a que este se decide por una o por otra chica en dependencia de la calidad del territorio que estas hayan logrado conquistar (Soler 2012, pag. 121-122).

*La cuenta regresiva del comportamiento Apareamiento. La fecha de caducidad del Amor*

Solo hemos explicado la mitad del asunto. Por que una malura soberbia vuelve con su chicos de inferior calidad. Ahora nos toca analizar el: ¿por qué esta chica no sigue atada, por intermedio de las sensaciones, emociones y sentimiento de Amor que se activaron para que pudiera copular, al macho de buenos genes con el que acaba de tener un affaire extramarital. Como ya describimos, el Attachment, el que nos sintamos bien y a gusto con la pareja que ha elegido nuestro MSBD no hace desaparecer la necesidad de copular con otros individuos de buenos genes, ello es lo que hace que las maluras soberbias, las golondrinas comunes, las carriceras tordal, las herrerillas comunes y las mujeres felizmente emparejadas con chicos de menor calidad busquen para aparearse a sujetos de mayor calidad genética en el vecindario. Teniendo en cuenta esta circunstancia, describamos ahora el conflicto de intereses que se le plantea en este momento a la selección natural.

*Conflicto entre el interés de la selección natural a nivel de población y el interés de la selección natural a nivel de individuo*

Cuando explicamos el por que la selección natural tuvo que desarrollar un segundo comportamiento destinado a unir dos sujetos (el comportamiento Emparejamiento, el Attachment)

mencionamos que más adelante desarrollaríamos un espacio dedicado a explicar esta cuestión detalladamente. Eso es lo que vamos a hacer en este instante.

Por una parte, a nivel de individuo, a la selección natural le interesa que cada uno de nosotros copule el mayor número de veces que sea posible con un sujeto de alta calidad genética, ya que ello es la mejor garantía de que el genoma que portamos pase a la próxima generación. Por la otra parte, una de las estrategias más importantes de la selección natural, a nivel de población, es la de crear tanta diversidad genética como sea posible, ya que la diversidad genética es la que garantizará que algunos individuos logren sobrevivir en el caso de que se produzca una pandemia y de esta manera pueda seguir existiendo la población y con ella la especie. Lo que garantiza el máximo de diversidad genética es el que los miembros de una población se apareen con un sujeto diferente en cada cópula. Así que para la selección natural (a nivel de población) no es nada recomendable la monogamia genética (la generada por el Amor) ya que el que alguien se aparee siempre con el mismo sujeto reduce al mínimo la cantidad de diversidad genética que aportarán a sus descendiente. Si esta característica se transmitiese a todo los miembros de una población esta quedaría por completo desprotegida y a merced de que una pandemia acabase por completo con ella. Esta, predeciblemente, es la poderosa razón por la que probablemente existen tan pocas especies que muestren monogamia genética (los miembros de la población solo copulan con el mismo sujeto a lo largo de toda la vida). Por ejemplo, el topillo de la pradera es una de las poquísimas especies con monogamia genética, son completamente fieles a su pareja (no copulan con ningún otro individuo) aún después de que esta muere. Se ha descubierto que la vasopresina es la responsable de esta fidelidad. (Soler 2012, pag. 150-151).



**Fig. 35.** El estudio del topillo de la pradera nos permitió descubrir que las hormonas oxitocina y vasopresina son las responsables de la fidelidad.

Esta también es la razón por la que la selección natural necesita crear un segundo comportamiento (el Emparejamiento) para unir a dos sujetos por mucho tiempo. No es una buena estrategia emparejar durante un tiempo prolongado a dos seres mediante el comportamiento Apareamiento (el Amor) porque este, como funciona a base de oxitocina y de vasopresina, hace que se mantengan fieles el uno al otro durante todo el tiempo que estén emparejados y ello provoca que durante todo ese tiempo no se cree diversidad génica. Sin embargo el comportamiento Emparejamiento, al no hacer que los sujetos unidos mediante el Attachment necesiten ser fieles el uno al otro, no es un obstáculo para la creación de diversidad genética. De aquí que la selección natural lo prefiriese, por encima del comportamiento Apareamiento (el Amor) a la hora de emparejar a dos sujetos por mucho tiempo.

¿Cómo solucionaría este dilema la selección natural? ¿Cómo daría solución a este difícil conflicto entre el interés particular del individuo y el interés general de la población? Para resolver este gran problema la selección natural tuvo que crear el comportamiento Apareamiento (el conjunto de emociones, sentimientos y sensaciones que denominamos Amor) con fecha de caducidad o lo que es lo mismo que decir, con un mecanismo de Conteo Regresivo (como el título de esa maravillosa canción de Gilberto Santa Rosa). Helen Fisher nos explica que el Amor se acaba debido a la necesidad de crear diversidad genética (Fisher 2). Y que en nuestra especie solo dura alrededor de cuatro años debido al tiempo que las mujeres en la antigüedad tenían que dedicar a amamantar y a cuidar un hijo. (Fisher 3). De esta manera el sentimiento de atracción mutua y el deseo irrefrenable de estar con la pareja solo duraría el tiempo necesario para la cópula. O quizás también podría durar (dependiendo de las características y comportamientos de la especie y de sus condiciones de vida) el tiempo necesario para sacar adelante una o varias camadas de hijos. Con la finalización de los sentimientos de Amor y de fidelidad para con nuestra pareja estaríamos libres para buscar a otro sujeto con el que aparearnos y ello, el Apareamiento con varios seres distintos a lo largo de nuestra vida, es lo que crearía la diversidad génica imprescindible para que una especie pueda vencer las enfermedades y pandemias. En nuestra especie el Amor no dura para siempre, ello quiere decir que el comportamiento Apareamiento dispone de un mecanismo de Conteo Regresivo o sea, tiene fecha de caducidad.

### *Funcionamiento del mecanismo de Conteo Regresivo del comportamiento Apareamiento*

*La serotonina y la vasopresina, las hormonas de la fidelidad. El mecanismo de fidelización.*

¿Como funcionaría este mecanismo de cuenta atrás? Todo parece indicar que lo que provoca la fidelidad hacia la pareja es la existencia en el cerebro de las hormonas vasopresina y oxitocina (Soler 2012, pag. 150-151), pero el mecanismo que las manda a producir necesita que le indiquen cuando, ante que situación y en que cantidad debe producirla. ¿Por qué?

Veamos. El objetivo de la selección natural es que nos apareemos preferiblemente con individuos de gran calidad genética, así que el mecanismo que nos hace fieles a una pareja tendría que ser capaz de adaptar la fuerza con la que nos hace desear copular solo con ese ser a la calidad genética del mismo. Esto tendría que ser así porque es contraproducente que sintamos fidelidad hacia sujetos de baja calidad genética y que no seamos fieles a individuos muy guapos. En la realidad sucede todo lo contrario, las golondrinas comunes solo son fieles a los golondrinos de cola larga (los chicos de buenos genes) (Soler 2012, pag. 150-151). Ello es una prueba de que el mecanismo que nos hace copular preferentemente con un solo individuo (el Amor) es capaz de adecuar su actuación para garantizar que nos apareemos preferentemente con sujetos guapos. Como se ha demostrado, este mecanismo de fidelización emplea las hormonas vasopresina y oxitocina para hacer que no deseemos copular con ningún otro sujeto que no sea nuestra pareja. (López Moratalla). Esta circunstancia nos conduce a pensar que es posible que la fuerza con la que este mecanismo nos hace ser fieles a nuestra compañera podría depender, al igual que sucede con los topillos de la pradera, de la cantidad de oxitocina y de vasopresina que el comportamiento Apareamiento manda a producir, de manera que cuanto más cantidad de estas hormonas bañen nuestro cerebro, más fieles seremos a nuestro compañero. Lo que es o mismo que, cuando nuestra compañera no es muy guapa el mecanismo de fidelización produciría poca o muy poca cantidad de oxitocina y de vasopresina, incrementándose las cantidades de estas hormonas en la medida en la que mejora la calidad genética de nuestra pareja. Esto es lo que probablemente nos haría ser más fieles a los sujetos guapos y menos fieles a las individuos de menor calidad genética, tal como sucede a las golondrinas comunes.

Pero para que este mecanismo de fidelización pueda funcionar correctamente es preciso que reciba información certera y veraz acerca de la calidad genética del sujeto con el que estamos emparejados. Describamos ahora como pudiera funcionar el sistema que informa a este mecanismo de fidelización acerca de la calidad genética de una pareja.

*El nivel de felicidad determina el grado de fidelidad*

Quien se encarga de evaluar la calidad genética de todos los posibles pretendientes es el Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos y para hacernos desear estar con estas chicas o chicos de mayor calidad genética utiliza el mecanismo de Recompensa. (La estruendosa sensación de felicidad, bienestar, euforia y regocijo que nos produce el enamorarnos y copular con esa persona.) La fuerza, potencia e intensidad de este conjunto de sensaciones dependen, como ya hemos analizado, de la calidad genética de nuestra pareja. A mayor calidad genética, con mas fuerza, potencia e intensidad experimentamos la deseada recompensa y como consecuencia de ello desearíamos seguir estando con este sujeto con la esperanza de poder continuar experimentando este maravilloso conjunto de sensaciones. Cuando la calidad genética de nuestra pareja no es la mejor, la fuerza, potencia e intensidad con la que experimentamos este grupo de sensaciones (el premio) es mucho menor y como consecuencia nuestro deseo de estar con este sujeto disminuye porque la recompensa ya no es tan buena. Esto nos hace sospechar que el mecanismo que produce la oxitocina y la vasopresina, el mecanismo que nos hace fieles a nuestra pareja, podría regular la cantidad de estas hormonas que va a producir en dependencia de la intensidad, potencia y fuerza con la que experimentamos la recompensa. Una estruendosa sensación de felicidad, euforia, alegría, vitalidad y regocijo provocaría la producción de grandes cantidades de estas hormonas y como consecuencia de ello no desearíamos copular con nadie que no sea nuestra pareja. Una modesta sensación de euforia, felicidad, vitalidad y regocijo provocaría una mínima producción de vasopresina y oxitocina y como consecuencia de ello no experimentaríamos la necesidad de ser fiel a este sujeto. "Si estás enamorado de alguien, la persona perfecta (la más guapa) puede venir y sentarse en tus piernas y no lo notarás." (Ficher 1). Aquí Helen Ficher reafirma la idea que estamos exponiendo. Cuando estamos enamorados de alguien somos muy felices y ello nos hace monógamos. Este, predeciblemente, pudiera ser el mecanismo que nos permitiría tener sexo con alguien que no nos gusta tanto sin tener que quedarnos atados a este sujeto por intermedio de las sensaciones emociones y sentimientos (el

Amor) que el comportamiento Apareamiento activa para que podamos copular.

*Adecuación del mecanismo de Conteo Regresivo a la calidad genética de nuestra pareja*

¿Cómo la selección natural aprovecharía la circunstancia de que el nivel de felicidad probablemente determina el grado de fidelidad para desarrollar un mecanismo de Conteo Regresivo que nos haga desear estar más tiempo con aquellas parejas mejor dotadas desde el punto de vista genético y menos tiempo con los sujetos de poca calidad genética? Aquí es donde entra a jugar su papel el mecanismo que provoca el proceso de acostumbramiento, el sistema que recapta la dopamina de la vía de recompensa mesolímbica. Teniendo en cuenta el hecho de que es probable que el mecanismo que recapta la dopamina (el que genera el proceso de Acostumbramiento del que hablamos más arriba) trabaje con la misma intensidad y ritmo en todos los miembros de una misma especie, de forma natural llevará más tiempo recaptar una gran cantidad de dopamina (la que genera una gran sensación de felicidad) y menos tiempo reabsorberla si la cantidad es bastante inferior (la que produce una débil sensación de felicidad). ¿Cuál sería el resultado de todo esto? Al estar relacionados los niveles de felicidad con los niveles de fidelidad, estaremos más tiempo enamorados y seremos durante mucho más tiempo fieles a los sujetos de gran calidad genética y del mismo modo estaremos menos tiempo enamorados y seremos bastante menos tiempo fieles a los individuos menos guapos. De esta manera tan simple y sencilla pudo la selección natural adecuar el funcionamiento del mecanismo de Conteo Regresivo (el proceso de acostumbramiento) para que estuviésemos más tiempo copulando con el mismo sujeto cuando este posee gran calidad genética. Después de haber desarrollado toda esta explicación nos salta a la mente una pregunta. ¿Ha logrado la selección natural adecuar en nuestra especie la calidad genética de nuestra pareja al grado de felicidad y de fidelidad que experimentaremos para con ella? En ese magnífico libro que es "Adaptación del comportamiento. Comprendiendo al animal Humano" encontramos la siguiente información. Las mujeres emparejadas con hombres de poca calidad genética normalmente tienen pocos orgasmos en su relación de pareja, por ello cuando están en el período fértil sienten más interés por otros sujetos que por sus maridos. Así que cuando tienen relaciones extramaritales prefieren y eligen a hombres de gran calidad genética con los que tienen el doble de posibilidad de experimentar el orgasmo y de quedar embarazadas que cuando copulan con sus esposos. (Soler 2012, pag. 155 y 178). Estos estudios reflejados por el profesor Manolo Soler revelan que las mujeres emparejadas con

hombres de poca calidad genética desean y quedan más satisfechas cuando tienen relaciones fuera de la pareja. Esto nos permite hacer la inferencia contraria, las mujeres emparejadas con hombres guapos sí tienen orgasmos con sus parejas y como consecuencia no desean relaciones extramaritales. Lo mismo que sucede con las golondrinas comunes. Así que estos estudios son una importante prueba de que la selección natural ha logrado adecuar en nuestra especie la felicidad y fidelidad que sentimos hacia nuestra pareja a la calidad genética de la misma.



**Fig. 36.** Bety la fea no era capaz de despertar el Amor de su jefe hacia ella. Pero una vez transformada (la actriz Ana María Orozco) logró que él cayera enamorado de rodillas a sus pies. El hecho de que unas cuantas decenas de millones de personas (quienes siguieron la telenovela en todo el mundo) aceptaran que ella tenía que volverse guapa como única manera de lograr que su jefe se enamorara de ella, es quizás una prueba de que en nuestra especie la selección natural ha logrado adecuar el nivel de felicidad que nos genera el estar con alguien y el grado de fidelidad que experimentaremos para con ese individuo, a la calidad genética del mismo.

Pero esta adecuación a la calidad genética de la pareja todavía no es suficiente para que pueda funcionar correctamente el mecanismo de Conteo Regresivo. Hay especies en las que sería preciso que el proceso de enamoramiento durase solo por una temporada y hay especies en la que el proceso de enamoramiento es necesario que dure por varias temporadas. Por ello también es imprescindible que el mecanismo de Conteo Regresivo se adecue también a las necesidades particulares de cada especie. ¿Cómo podría adecuar la selección natural el proceso de Acostumbramiento a las necesidades específicas de una especie?

#### *Adecuación del proceso de acostumbramiento a las necesidades de cada especie*

Para adecuar la duración del comportamiento Apareamiento a las necesidades de cada especie la selección natural tendría que desarrollar un mecanismo de Conteo Regresivo que fuese capaz

de funcionar más rápido si una especie necesita crear mucha diversidad génica o más despacio si una especie tiene que mejorar la calidad de su acervo genético. Es decir, se necesita un mecanismo de Conteo Regresivo con velocidad variable. ¿Cómo pudo elaborar la selección natural un sistema así?

Como hemos explicado más arriba, la selección natural tuvo que desarrollar un mecanismo de Conteo Regresivo que genera un proceso de Acostumbramiento con el objetivo de que los sujetos no desearan siempre cumplimentar una única tarea relativa a la supervivencia, sino que desearan cumplirlas todas. Si pensamos solo un instante en las características del problema que tiene que resolver ahora (la adecuación de la duración de la recompensa a las necesidades de cada especie), nos damos cuenta de que este mecanismo de Conteo Regresivo viene que ni pintado para destinarlo a regular también el tiempo durante el cual somos fieles a nuestras parejas. Es decir, regulando, a nivel de especie, la velocidad y la intensidad con la que trabaja el sistema que recapta la dopamina en la vía de recompensa mesolímbica se puede acortar o alargar, según se necesite, el tiempo (el número de temporadas) durante el cual continuaremos sintiendo el premio (la sensación de felicidad, euforia, bienestar y regocijo) que el sistema de recompensa nos otorga por estar con nuestra pareja. Así, si es el caso de que una especie necesita que el Amor de una chica por su pareja dure varias temporadas, se ralentizaría el proceso de reabsorción de la dopamina (en este caso el proceso de Acostumbramiento se ralentizaría). Con esto ella experimentaría por más tiempo la sensación de recompensa cuando está con su chico y también duraría más la necesidad de serle fiel. Por el contrario, un mecanismo de recaptación de dopamina que funcionase más rápido (un proceso de Acostumbramiento acelerado) acortaría el tiempo (el número de temporadas) que una chica se siente enamorada y fiel a su pareja. Circunstancia que le permitiría aparearse con más cantidad de sujetos distintos de manera de aportar más diversidad génica a sus descendientes. Esta explicación nos permite entender el porque una malura soberbia, una herrerrilla común o una carricera tordal no sienten necesidad de continuar al lado del chico vecino con e que acaban de copular (gracias a que en ese instante se sintieron enamoradas de él), nos permite comprender porque no siguieron sintiendo Amor y fidelidad hacia ese macho. Presumiblemente el mecanismo de recaptación de dopamina está programado en estas especies para trabajar de forma muy acelerada e intensa, de modo que después de una cópula ellas dejarían de sentir Amor para con el sujeto con el que acaban de tener un affaire extramarital. (Ver más arriba Proceso de Acostumbramiento).



**Fig. 37.** La chica de zorro común, a pesar de que algunos de sus cachorros son hijos de machos del vecindario, no desea continuar con estos y vuelve con su pareja a quien predeciblemente está unida mediante el Attachment ya que normalmente él es un magnifico y abnegado padre. Ello probablemente nos está sugiriendo que el mecanismo de Conteo Regresivo de su comportamiento Apareamiento trabaja a machas forzadas.

En el caso de la foca gris el proceso de Acostumbramiento sería mucho más lento y por ello una chica se sentiría enamorada y fiel para con un mismo macho durante varias temporadas. En resumen, la duración del Amor y de la fidelidad por la pareja en el marco de una determinada especie dependería de que la

selección natural haya programado el mecanismo que recapta la dopamina del sistema de recompensa mesolímbico para funcionar con mayor o menor velocidad e intensidad, según las necesidades de esta especie. Si se trata de una especie que necesita desarrollar mucha diversidad génica es probable que la selección natural programe el proceso de Acostumbramiento (la aceleración de la velocidad a la que se recapta la dopamina) para que suceda de forma rápida e intensa. Si se tratase de una especie que ya posee gran diversidad génica podría suceder que la selección natural programase el proceso de Acostumbramiento para que ocurra más lentamente y con ello garantizaría que los individuos desearan copular más veces con un mismo sujeto de gran calidad genética, mejorando con ello la calidad del acervo genético de sus descendientes.



**Fig. 38.** En nuestra especie todo parece indicar que el mecanismo de Conteo Regresivo estaría programado para que el Amor dure unos cuatro años, según *Helen Fisher*, de unos 85 que vivimos. Ello nos hace sospechar que la selección natural tiene con nosotros un especial empeño en que creemos mucha diversidad genética. Pues..... no veo razón para ir en su contra, pongámonos a ello.

Pero para que se pueda adaptar la duración del comportamiento Apareamiento (del Amor) a las necesidades particulares de cada especie tiene que haber un momento específico a partir de el cual el mecanismo de Conteo Regresivo se eche a andar, tiene que haber un estímulo señal que indique a el proceso de Acostumbramiento que tiene que comenzar a producirse.

*¿Cuándo y por que razón se pone en marcha el mecanismo de Conteo Regresivo del comportamiento Apareamiento, cual es el estímulo señal que desencadenaría el inicio del proceso de Acostumbramiento?*

Como hemos explicado anteriormente el proceso de Acostumbramiento (el proceso de incremento de la intensidad con la que se recapta la dopamina) predeciblemente se produce cuando el sujeto se encasilla en el cumplimiento de una única función de supervivencia en aras de disfrutar una y otra vez del maravilloso premio que genera las sucesivas oleadas de dopamina en su sistema de Recompensa mesolímbico. En el caso del comportamiento Apareamiento (una de las funciones inalienables a la subsistencia) probablemente sucede exactamente lo mismo. En cuanto comprobamos que la chica de la que estamos enamorados nos corresponde, explota en nuestro cerebro una desbordante sensación de felicidad, euforia, vitalidad, bienestar y regocijo y sentimos que estamos en el cielo (esto sabemos que sucede gracias a que se fija gran cantidad de dopamina a los receptores dopaminérgicos de las neuronas del sistema de Recompensa mesolímbico). Así que es lógico intuir que, al igual que sucede para con el resto de las tareas inalienables a la vida, es posible que esta primera gran explosión de felicidad podría ponerse en marcha el mecanismo de Conteo Regresivo (el proceso de crecimiento de la intensidad con la que funciona el mecanismo que recapta el neurotransmisor) del comportamiento Apareamiento. Este incremento progresivo de la velocidad e intensidad con la que se recapta la dopamina lograría que paulatinamente fuese decreciendo la fuerza con la que se disparan las neuronas del sistema de Recompensa mesolímbico y como consecuencia de ello, también descendería en la misma medida la potencia y la fuerza de las sensaciones de felicidad, euforia, vitalidad y regocijo que nos genera el ser correspondidos por nuestra pareja. Y como el nivel de felicidad predeciblemente determina el grado de fidelidad, esta también iría decreciendo. Al final la capacidad de recaptar el neurotransmisor crecería de tal manera que ni siquiera la dopamina liberada por la dendrita 1 llegaría a la dendrita 2 y como consecuencia dejaríamos de sentirnos felices por el hecho de que nuestra pareja nos ame y de igual manera, dejaremos de

experimentar la necesidad de ser fieles a este sujeto. Es lógico pensar que en el caso de nuestra especie el mecanismo de Conteo Regresivo (el proceso de incremento de la velocidad con la que se recapta la dopamina) está programado de manera tal que el enamoramiento y la fidelidad hacia la otra persona dure alrededor de unos cuatro años (como piensa Helen Fisher).

Sin embargo hay parejas que parecen desmentir con su propia historia de Amor el que haya un mecanismo de Conteo Regresivo, personas que ponen en duda el que el Amor, al menos en nuestra especie, tenga una fecha de caducidad. ¿Existen realmente personas monógamas de por vida? Hay de verdad parejas que logran vivir enamorados el uno del otro toda la vida, o al menos, la mayor parte de ella? Si fuese el caso de que existen estos individuos, ¿son portadores de una mutación genética que impide el funcionamiento del mecanismo de Conteo Regresivo (como predeciblemente le sucede a los topillos de la pradera)?

Todos conocemos historias, más o menos cercanas, de alguna pareja de personas que viven o que vivieron enamorados el uno del otro toda la vida. Es muy difícil poder asegurar a ciencia cierta que estos individuos vivieron o han estado enamorados siempre porque es posible que el Amor de paso al Attachment como nexo de unión entre dos sujetos y lo que desde fuera podría equivocadamente interpretarse como Amor pudiera ser solo Attachment. Pero sin embargo Helen Fisher demostró con imágenes de escáner que es posible alargar la etapa de Amor mucho más allá de lo que se supone que debería durar en nuestra especie. ¿Cómo se puede detener o al menos ralentizar el funcionamiento del mecanismo de Conteo Regresivo de nuestra pareja?



**Fig. 39.** Helen Fisher puso en el escáner a personas que habían estado casadas por más de 30 años y que se confesaban enamorados de su pareja. Ella descubrió que en estos sujetos se activaban las mismas áreas del cerebro que se activan en los recién enamorados (Fisher 2).

*La Inteligencia social permite a un grupo de privilegiados ralentizar el funcionamiento del mecanismo de Conteo Regresivo (el proceso de Acostumbramiento) de su pareja*

*La detención del Mecanismo de Conteo Regresivo*

Como hemos descrito, el proceso de acostumbramiento predeciblemente se pone en marcha como resultado de que se fijan grandes cantidades de dopamina en las neuronas del sistema de recompensa. Esto a su vez sucede cuando constatamos que la persona que amamos (la elegida por nuestro MSBI) nos ama. Pero si por casualidad se establece una sombra de duda con relación al amor que debería sentir el otro por nosotros, de inmediato desciende de forma drástica la cantidad de dopamina que se liberan las neuronas 1 y por ende la cantidad de dopamina que se fijan las neuronas 2, entonces dejamos de ser felices y comenzamos a sufrir amarga y desconsoladamente. El rechazo genera un marcado descenso de la producción de dopamina, oxitocina y de vasopresina en el sistema de Recompensa. El estímulo señal que desencadena el proceso de Acostumbramiento es la primera gran holeada de dopamina. Si esta deja de producirse, desaparece el estímulo señal que le indica al mecanismo de Conteo Regresivo que debe funcionar, así que es predecible que en este mismo instante, cuando dudamos acerca del amor que siente por nosotros nuestra pareja, es muy probable que se detenga el proceso de Acostumbramiento.

*¿Cómo se resetea el mecanismo de Conteo Regresivo del comportamiento Apareamiento?*

¿Qué consecuencias predeciblemente trae aparejada la suspensión del funcionamiento del Mecanismo de conteo Regresivo? El objeto de la cuenta atrás no es que el sujeto se quede célibe, sino que busque a otro ser con el que aparearse, por esta razón el sistema de recompensa necesariamente tendría que ser capaz de funcionar correctamente para con un nuevo individuo. Ello quiere decir que tendría que poder ofrecer un buen premio (una desbordante sensación de felicidad, euforia y bienestar) cuando logramos estar con otro ser de buenos genes, por lo que necesariamente el mecanismo que recapta la dopamina tendría que volver a los niveles mínimos de recaptación del neurotransmisor. Tendría que resetearse.

¿Esto sucede así? ¿Vuelven a disminuir los niveles de recaptación de dopamina por la vía de recompensa cuando disminuye o cesa la cantidad de dopamina que se fija en las neuronas 2? ¿Se resetea el Mecanismo de conteo regresivo? Cuando dejamos de estar enamorados de alguien no nos quedamos incapaces de volvernos a enamorar, todo lo contrario. En cuanto damos con otro sujeto de buenos genes y comprobamos que

este también siente lo mismo por nosotros, se desencadena de nuevo la tormenta de la dopamina por la vía de Recompensa (se adhiere una gran cantidad de neurotransmisor a los receptores dopaminérgicos) y volvemos a experimentar en toda su intensidad y esplendor el conjunto de sensaciones que hacen que nos merezca la pena vivir. Esta circunstancia podría ser testimonio de que el mecanismo que recapta la dopamina en la vía de recompensa mesolímbica ha vuelto al nivel mínimo de funcionamiento. Es decir, que se ha reseteado el mecanismo de Conteo Regresivo.

En el caso que estamos tratando de explicar es muy probable que suceda lo mismo. Es lógico suponer que del mismo modo que se resetea el mecanismo de Conteo Regresivo cuando ha dejado de fijarse la dopamina porque ha terminado la cuenta atrás, también puede resetearse el mecanismo de Conteo Regresivo cuando ha cesado de fijarse la dopamina porque parece que ella no nos ama.

¿Es posible que alguien pueda ser consciente de que esto sucede así y utilice este conocimiento con el objetivo de hacer que el mecanismo de Conteo Regresivo del comportamiento Apareamiento de su pareja se resetee constantemente y de esta manera lograr que esta se sienta enamorada de él por mucho más tiempo que el tiempo para el que la selección le programó como especie.

*Los reyes de la inteligencia social manipulan las mentes de sus parejas para hacer que estas siempre se sientan enamoradas de ellos*

¿Puede alguna persona haber sido capaz de adquirir el conocimiento de que es posible alargar mediante la aplicación de determinados comportamientos el tiempo durante el cual su pareja estará enamorada de él? Para llegar a poder explicar esta idea acerca de cómo es posible que se resetee el mecanismo de Conteo Regresivo del comportamiento Apareamiento, para poder explicar por que algunas personas logran que sus pareja estén enamorados de ellas por mucho tiempo, hemos tenido que desarrollar casi cuarenta y tantas páginas plagadas de multitud de razonamientos (implicaciones causales de cadena larga) y todavía en este instante no estoy seguro de haber podido describir con la nitidez necesaria todos los argumentos que nos han conducido hasta aquí. ¿Cómo es posible que alguien haya sido capaz de llegar a las mismas conclusiones a las que hemos arribado sin necesidad de efectuar todo el complejísimo discurso de razonamientos que hemos empleado hasta aquí? Pero este conocimiento que acabamos de explicar mediante razonamientos (implicaciones causales de cadena larga) también puede ser adquirido mediante el sistema cortical que elabora implicaciones causales de cadena corta (Pérez 2014 (2)). Los

individuos de gran inteligencia social pueden llegar al conocimiento de que, provocar inseguridad en nuestra pareja (imagen causa) hace que ella no deje de sentirse enamorada de nosotros (imagen consecuencia). Así de simple, así de sencillo, lo que nos ha llevado cuarenta y tantas páginas de explicación se puede resumir en una única pareja de imágenes. Para alguien con una buena inteligencia social este es un conocimiento muy elemental que se adquiere a muy temprana edad. Este importantísimo conocimiento es el que les permitiría de vez en cuando, en el momento en el que más impacto causará y de la forma más conveniente, decir o hacer algo que haga que su pareja dude de si él o ella realmente está enamorado del otro. Esto predeciblemente hace que de inmediato se detenga el flujo de la dopamina por el sistema de Recompensa de la otra persona (el sujeto que duda acerca de si su pareja le quiere) y como consecuencia se resetea el mecanismo de Conteo Regresivo del comportamiento Apareamiento de este individuo. Una vez que el sujeto que ha dudado, acerca de si su pareja le quiere, comprueba que solo ha sido una sombra de sospecha porque su compañero (el tipo de gran inteligencia social) está completamente enamorado de él, se vuelve a generar una poderosa consecución de oleadas de dopamina por su sistema de Recompensa mesolímbico. Pero esta vez el mecanismo que recapta el neurotransmisor está trabajando con el mínimo de intensidad debido a que se ha reseteado. Ello es lo que, por un lado, le hará experimentar la sensación de felicidad y de bienestar con la misma potencia e intensidad que al principio de la relación y por el otro, provocará que pueda seguir sintiendo estos sentimientos por mucho más tiempo que para el que le ha programado la selección natural. Con el tiempo se volverá a producir el proceso de acostumbramiento (crecerá de forma progresiva la intensidad y velocidad con la que se recapta la dopamina en el sistema de recompensa) y como consecuencia volverá a disminuir la intensidad y la fuerza de la sensación de felicidad que le genera a este sujeto el saber que su pareja (el tipo de gran inteligencia social) le ama. Pero en el mismo instante en el que la persona lista detecta la bajada de intensidad de los sentimientos que el otro experimenta para con él, repite la estrategia de hacer que su pareja dude acerca de si le ama o no. Y vuelta a empezar. Este procedimiento simple es quizás el que permite a los sujetos de gran inteligencia social lograr que sus parejas (las personas a las que aman) estén feliz y fielmente enamoradas de ellos por mucho tiempo. Ana Belén y Víctor Manuel son un ejemplo fehaciente de que se puede detener el mecanismo de Conteo Regresivo del otro individuo. Y lo han logrado aplicando la fórmula mágica de convencer al otro de que su relación es solo para el día que están viviendo.

Así que tienen la posibilidad de elegir terminar con ella si así lo desean solo unas horas después. El que cada uno de ellos esté firmemente dispuesto a finalizar con la relación, si así lo desea el otro, crea muy a menudo en este segundo la sospecha acerca de si de verdad es querido y amado por el primero. Circunstancia que hace que constantemente el mecanismo de Conteo Regresivo del comportamiento Apareamiento de cada uno de ellos se resetee y vuelva a comenzar desde cero una y otra vez. Como consecuencia de esto los niveles de recaptación de dopamina en la vía de recompensa se mantendrían muy bajos por mucho tiempo. Permitiéndoles con esto permanecer enamorados y fieles el uno al otro por mucho más tiempo que para el que les programó la selección natural.



**Fig. 40.** Ana Belén y Víctor Manuel son un ejemplo de que sí se puede detener el mecanismo de Conteo Regresivo de nuestra pareja.

No recomiendo a ningún lector que utilice este método con la intención de hacer que su pareja esté mucho más tiempo enamorada de él. La razón de ello es que primero hay que saber, sin lugar a dudas, si nuestra pareja lo que siente hacia nosotros es Amor o Attachment. Segundo, cada persona es un mundo y lo que puede provocar en un sujeto una sombra de sospecha en otro podría provocar la necesidad de terminar con la relación. Por ello es muy importante saber que es lo que tenemos que decir o hacer, para provocar en el otro la sospecha y no la ruptura, antes de decidimos a hacer nada que pudiera perjudicarnos. De manera que esta estrategia solo es recomendable para los individuos capaces de meterse dentro del cerebro de las otras personas. Los sujetos con gran inteligencia social. Que por otra parte, no necesitan leer este artículo para enterarse de lo que ya saben.

## Conclusión

*¿Quién me ha elegido como pareja?*

En el transcurso de este artículo hemos argumentado la idea de que es muy posible que la selección natural diseñara tres comportamientos con la intención de poder unir a dos sujetos de diferente sexo. El primero de ellos es el comportamiento de Búsqueda de Pareja, este

mediante la sensación de pertenencia consigue que los machos se mantengan al lado de las hembras, incluso en el caso de que estas no estén en celo, con tal de guardarlas para sí, aunque su cometido no es el de lograr el acercamiento necesario para que puedan consumir la cópula. Para este propósito la selección natural diseñaría un segundo comportamiento, el comportamiento de Apareamiento, este utiliza el conjunto de sensaciones, emociones y sentimientos que denominamos Amor para lograr que dos sujetos, en principio rivales y enemigos, puedan y quieran estar juntos de manera que sea posible que ocurra la fecundación. Hemos llegado a la conclusión de que este comportamiento solo se activa, solo sentimos Amor, cuando nuestra pareja ha sido elegida por nuestro Mecanismo que Selecciona Beneficios Indirectos (MSBI). Pero el comportamiento Apareamiento tiene un serio inconveniente cuando se trata de emparejar a dos sujetos por mucho tiempo y es que al emplear las hormonas oxitocina y vasopresina fideliza a cada miembro de la pareja para con el otro y como consecuencia de ello restringe de forma radical la formación de diversidad génica durante todo el tiempo que existe la pareja. Ello es la razón por la que la selección natural todavía tendría que diseñar un tercer comportamiento con la finalidad de unir a dos sujetos por mucho tiempo. Este es el comportamiento de Emparejamiento. Su función es la de lograr que deseemos permanecer al lado de sujetos por los que no sentimos Amor pero que han sido elegidos por nuestro Mecanismo Selector de Beneficios Directos. Su objetivo es el de unir a dos individuos con la finalidad de atender a diferentes necesidades, por ejemplo. Cuando hay un gran aislamiento entre machos y hembras el comportamiento Emparejamiento tiene la misión de hacer que ella desee y acepte estar al lado del macho que logre encontrarla. También tiene el propósito de lograr que ella desee y acepte la presencia de un macho a su lado porque este la defenderá y protegerá a sus hijos de otros machos que pretendan asesinarlos. Y por último el comportamiento Emparejamiento se encargaría de hacerla desear permanecer al lado de los machos que pudieran proporcionarle importantes beneficios directos para ella y para sus hijos. Esta es la razón por la cual las emociones, sensaciones y sentimientos (el Attachment) que utiliza el comportamiento Emparejamiento son capaces de mantener unido a dos sujetos después de que pasa la etapa del amor.

Durante el desarrollo de la descripción de estos comportamientos explicamos que a la selección natural necesitaba la existencia de un Sistema de Recompensa que nos hiciese desear cumplir con todas las tareas inherentes a la subsistencia y no con una sola de ellas. Por ello, para lograr este importantísimo propósito, desarrolló un mecanismo predeciblemente basado en la aceleración del



proceso de recaptación de dopamina en la vía de Recompensa con la finalidad de generar un proceso de Acostumbramiento que termina por hacer desaparecer la recompensa (la sensación de felicidad, euforia, bienestar, regocijo y satisfacción que percibimos cuando cumplimos repetidamente con una tarea inherente a la vida).

También hemos desarrollado un detallado análisis de cada uno de los dos mecanismos de selección de pareja (el MSBI y el MSBD), llegando a la conclusión de que muy improbable que exista, contrariamente a lo que se piensa, un input de índole genética que haga que las mujeres deseen aparearse con hombres mayores que ellas, ya que la relación entre la edad de las mujeres y la de sus parejas (elegidas únicamente por su MSBI) es la misma que la relación entre la edad de los primates y la edad de los machos con los que estas se aparean. Y debido también al hecho de que los comportamientos que integran el mecanismo que Selecciona Beneficios Directos predeciblemente no contienen ningún tipo de información acerca de las características físicas de los individuos. De hecho, hemos argumentado que, incluso, es posible que aparezcan las características sexuales secundarias no adaptativas (la cola de los pavos reales) sin necesidad de que exista ningún tipo de input genético, ni siquiera el que provoca nuestra predilección por la armonía y por la simetría.

En otro momento del artículo explicamos que la selección natural tiene que resolver un importantísimo problema que se produce como consecuencia de que: a nivel particular a un sujeto le conviene copular el mayor número de veces con una pareja de buenos genes, pero a nivel de población lo conveniente, en aras de poder crear y transmitir a la descendencia el máximo de diversidad génica, es que el sujeto copule cada vez con una pareja diferente. Hemos argumentado que la necesidad de que se cree diversidad génica es lo que provocaría que la selección natural haya tenido que restringir el tiempo durante el cual dura la acción del comportamiento Apareamiento, circunstancia por la cual este tendría que disponer de un mecanismo de Conteo Regresivo capaz de poner fin a los sentimientos de Amor que experimentamos para con nuestra pareja de manera que quedemos otra vez libres para emparejarnos con otro sujeto y de esta forma transmitir diversidad génica a nuestros descendientes. A continuación desarrollamos la idea de que este mecanismo de Conteo Regresivo probablemente es el mismo que diseñó la selección natural para lograr que no deseemos cumplir con una única tarea inalienable a la vida sino con todas y que basa su actuación en acelerar o desacelerar la velocidad y la intensidad con la que trabaja el mecanismo que recapta la dopamina en el sistema de recompensa.

Por último hemos terminado el artículo haciendo una exhortación acerca de la importancia que tiene la inteligencia social y la enseñanza de los principios que rigen las relaciones entre las personas para las personas que de forma natural no son capaces de arribar a esta variedad de conocimientos.

Resumiendo, este artículo ha tenido la intención de tratar de esclarecer de forma general algunas de las incógnitas más importantes a las que nos enfrentamos a diario en el marco de nuestra relación de pareja. ¿Ella o él me ama o está conmigo por razones de índole material? ¿Qué siente por mí? ¿Podré estar con él o ella toda la vida? ¿Por qué ha dejado de amarme? ¿Por qué esta pareja que conozco siguen juntos y felices y en cambio mi relación ha terminado? ¿Estará interesada mi pareja en otra persona? Está claro que no ofrezco respuestas particulares para cada individuo concreto, sino que solo me atrevo a proponer un conjunto de lineamientos generales a partir de los cuales cada quién podrá valorar su situación personal. Espero sinceramente que los razonamientos expuestos puedan en alguna medida ayudar a nuestros lectores a arrojar aunque sea un pequeño destello de luz sobre las múltiples incógnitas que a diario nos enfrentamos en el marco de nuestra relación de pareja.

## REFERENCIAS

- Clutton-Brock, T. y Lukas, D. 2013. Evolution of social monogamy in mammals. *Science* 341:526-530.
- Fisher, H. 1. TED. Talks. Helen Fisher. "Por qué amamos, Por qué engañamos. Publicado el 17 de agosto del 2013. *YouTube*.
- Fisher, H. 2. 21 Minutos. Helen Fisher. viernes 16 de septiembre del 2011. *YouTube*.
- Fisher, H. 3. La ciudad de las Ideas Helen Fisher. Puebla 2008. *YouTube*.
- Fisher, H. 4. Redes 187. La química del amor. Helen Fisher. 2/7. *YouTube*.
- López Moratalla, N. "El cerebro enamorado". Vídeo divulgativo de la universidad de Navarra. *YouTube*.
- Opie, C. 2013. Male infanticide leads to social monogamy in primates. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 110:13328-13332.
- Pérez Ramos, H. 2013. Las tres Gracias vs. Kate Moos. *eVOLUCIÓN* 8(2): 15-24
- Pérez Ramos, H. 2014. El Altruismo desde el punto de vista de nuestros memes. *eVOLUCIÓN* 9 (2): 27-59.
- Soler, M. 2012. *Adaptación del Comportamiento: Comprendiendo al Animal Humano*. Ed. Síntesis, Madrid.
- Volcow, N. 1 Conferencia Magistral de Nora D. Volcow XII Jornada Nacional de Patología Dual. 7 de mayo del 2010. *YouTube*.

Volcow, N. 2. Doctora Nora D. Volcow. "La dopamina y sus efectos en el sistema de placer del cerebro Video del NIDA de USA. Instituto nacional sobre el abuso de drogas. Publicado el 9 de noviembre del 2012.." *YouTube*.

### **Información del Autor**

*Hernán Pérez Ramos* es licenciado en educación, especialidad historia y ciencias sociales por el Instituto Superior Pedagógico, Enrique José Varona de Ciudad Habana. Es autor del libro "La Huella de Mary. El Surgimiento de los Homínidos" y ha publicado seis artículos en esta misma revista.

## Morfometría geométrica y el estudio evolutivo de la forma

Ceferino Varón González

Faculty of Life Sciences, University of Manchester, Michael Smith Building, Oxford Road, Manchester, M13 9PT, UK

E-mail: ceferino.vg@gmail.com

### RESUMEN

La forma es actualmente uno de los rasgos fenotípicos más utilizados en estudios de evolución. Esto se debe, en parte, al conjunto de técnicas tan precisas que actualmente están disponibles para el análisis la forma. Todas ellas constituyen la disciplina conocida como morfometría geométrica. En este artículo se lleva a cabo una breve revisión de los métodos propios de morfometría geométrica, prestando especial atención a sus posibilidades en el estudio de la simetría, la alometría y la integración. Además, se pretende que este manuscrito sirva de ayuda para aquellas personas que se inicien en el área, haciendo referencia a algunas publicaciones de científicos españoles y con una sección sobre distintos cursos, manuales y software disponibles. *eVOLUCIÓN 10(1): 59-68 (2015)*.

**Palabras Clave:** Morfometría geométrica, Simetría, Alometría, Integración, Morfoespacio, Fenotipo, Evolución.

### ABSTRACT

Shape is one of the phenotypic characters that is more commonly used in studies about evolution. This is due to, partly, the group of accurate methods that are available to analyse it. All of them form the field known as geometric morphometrics. This article is a brief review about the methods used in geometric morphometrics, paying special attention to its possibilities in the study of symmetry, allometry and integration. Hopefully this article may also help those people recently introduced to the discipline. Readers can find references to some publications done by spanish scientists and a final section about different available workshops, books and computer software. *eVOLUCIÓN 10(1): 59-68 (2015)*.

**Key Words:** Geometric morphometrics, Symmetry, Allometry, Integration, Morphospace, Phenotype, Evolution.

### Introducción

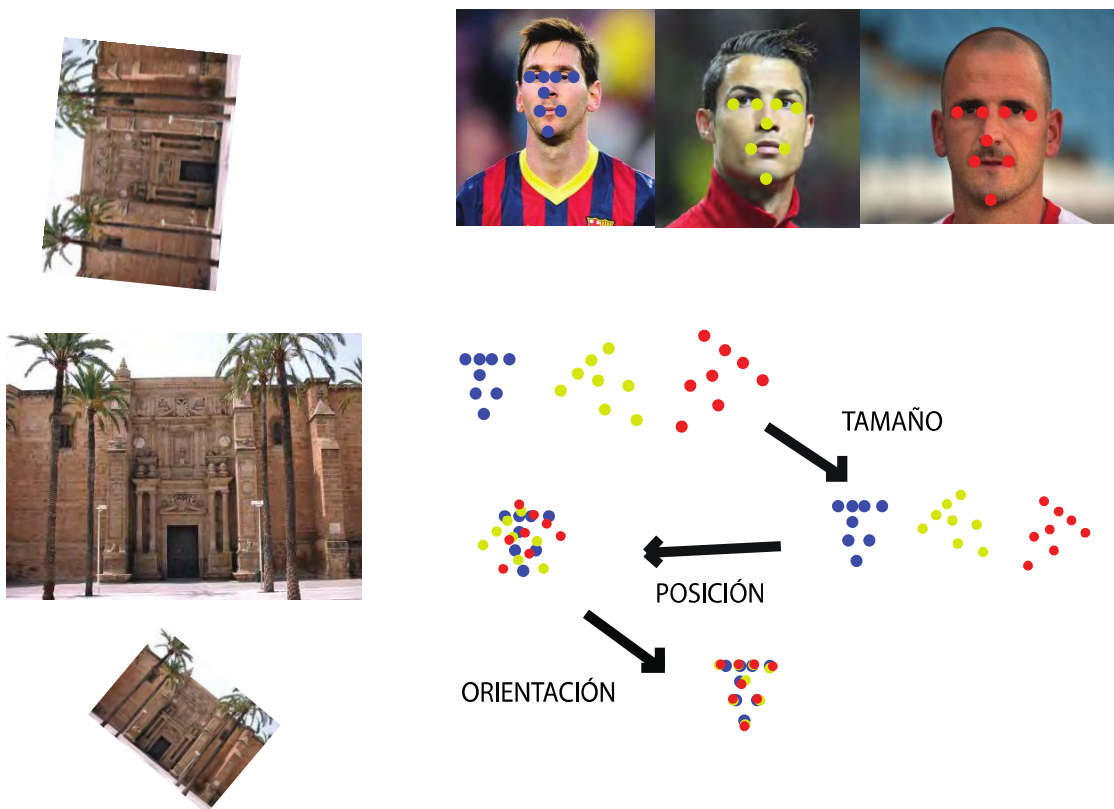
Todos tenemos un concepto bastante intuitivo y muy práctico a la hora de pensar en lo que es la forma. Es lo que utilizamos para reconocer a las personas o cuando vemos fotografías: desechamos el tamaño, dónde estamos viendo la fotografía y su orientación (si está tumbada o de pie) y nos quedamos con el resto de la información visual (Fig. 1). Técnicamente podemos definir la forma como todas las propiedades geométricas de un objeto exceptuando tamaño, posición y orientación (Kendall 1984).

La disciplina que caracteriza la forma de manera cuantitativa se conoce como morfometría. Tradicionalmente la forma ha sido una propiedad difícil de estudiar por los problemas en su definición conceptual y sus dificultades metodológicas. Para ello se han utilizado un conjunto de mediciones lineales (por ej. ancho y largo) en distintas partes de los organismos que caracterizan las estructuras de interés. La morfometría basada en mediciones lineales y/o ángulos es conocida hoy como morfometría

tradicional. Sin embargo, en los últimos treinta años la morfometría tradicional ha sido sustituida progresivamente por un nuevo conjunto de técnicas que estudian la variabilidad de un conjunto de puntos que describen la estructura de interés. Este tipo de morfometría recibe el nombre de morfometría geométrica, pues en las nuevas variables se conserva la información geométrica de las estructuras biológicas.

El desarrollo de la morfometría geométrica ha crecido en paralelo a su uso en estudios de todo tipo, no sólo (aunque predominantemente) evolutivos. Actualmente se puede encontrar morfometría geométrica con frecuencia en la literatura médica, donde formas diferentes a las comunes en ocasiones se utilizan como indicadores de enfermedad (Plomp et al. 2015). También en estudios biomecánicos (O'Higgins y Milne 2013), donde se estudia la relación entre forma y desempeño en determinadas estructuras anatómicas e incluso en sociología (Muñoz-Reyes et al. 2012).

En este artículo se hace una breve revisión sobre las posibilidades que ofrece el área de la morfometría geométrica en el estudio de la



**Fig. 1.** Con las tres figuras de la izquierda podemos experimentar cómo inconscientemente reconocemos en las tres fotografías el mismo monumento (la catedral de Almería), aunque estén en distintas posiciones, con distintas orientaciones y tamaños. Este es el proceso que llevamos a cabo de manera explícita en la superimposición Procrusto (derecha). En nuestros tres casos de ejemplo, Messi, Ronaldo y Fernando Soriano, elegimos ocho landmarks homólogos entre especímenes. Entonces, en fases sucesivas eliminamos la variación en tamaño, posición y orientación. La variación final entre los hitos, que es la variación en forma, será el sustrato para los análisis posteriores.

evolución de la forma y su importancia en biología, haciendo especial énfasis en los estudios más recientes. Se comienza con una breve explicación sobre los datos que utiliza la morfometría y las ideas sobre las que se sustenta. Posteriormente, se comentarán los principales aspectos en los que el estudio de la forma ha jugado un papel principal: en el estudio de la simetría, la alometría y la integración. Este artículo tiene como fin también que sea de ayuda a aquellos investigadores que hayan comenzado a interesarse por el área recientemente. A lo largo del manuscrito, se citarán algunas de las publicaciones en las que se ha utilizado la morfometría geométrica y donde ha habido una presencia de investigadores españoles, espero que esto también sirva para que aquellas personas que comienzan en el área encuentren nombres conocidos a los que pedir ayuda si la necesitaran. Pido disculpas de antemano por aquellos trabajos que no cito, ya que aquí sólo se dan unas pinceladas sobre el tema y no se ha pretendido hacer una revisión exhaustiva. Al final del artículo se incluye un apartado con cursos, software disponible para aplicar estas técnicas y foros dónde acudir si se desea conocer más.

### ¿Cómo se estudia la forma en morfometría geométrica?

En morfometría geométrica la forma se define a través de una serie de puntos, llamados 'landmarks', que se pueden localizar de manera precisa en todos los individuos que se van a analizar y que guardan una correspondencia entre individuos. En estudios de evolución esta correspondencia es evolutiva, esto es, se establece una hipótesis de homología entre los landmarks localizados entre los distintos individuos. Ejemplos típicos de hitos son los puntos de intersección entre venas en las alas de las moscas o puntos de intersección de suturas en cráneos (Fig. 1). Así, mientras que en estudios de biomecánica se podrían tomar como landmarks distintas partes análogas del ala de murciélagos y aves, en estudios de evolución no. Existen otras maneras de definir la forma, que se utilizan sobre todo en aquellas estructuras donde no hay puntos que pueden ser localizados precisamente, por ejemplo en estructuras con superficies lisas y redondeadas. Entre estos métodos destaca el uso de semilandmarks (Bookstein 1997), puntos que son homólogos geoméricamente: por ejemplo, se puede utilizar una serie de semilandmarks definidos como una serie de puntos igualmente

distribuidos a lo largo de una curva. Estos nuevos puntos implican el uso de otras técnicas morfométricas que son utilizadas con frecuencia pero que en realidad se sustentan sobre la misma base: el análisis de la variabilidad de una serie de puntos homólogos. Cabe decir que el uso de semilandmarks es fuente de debate, pues en algunos sectores se considera que a pesar de lo extendido de su uso, con esta definición de la forma se ignora la homología evolutiva y por tanto los resultados pierden sentido biológico (Klingenberg 2008).

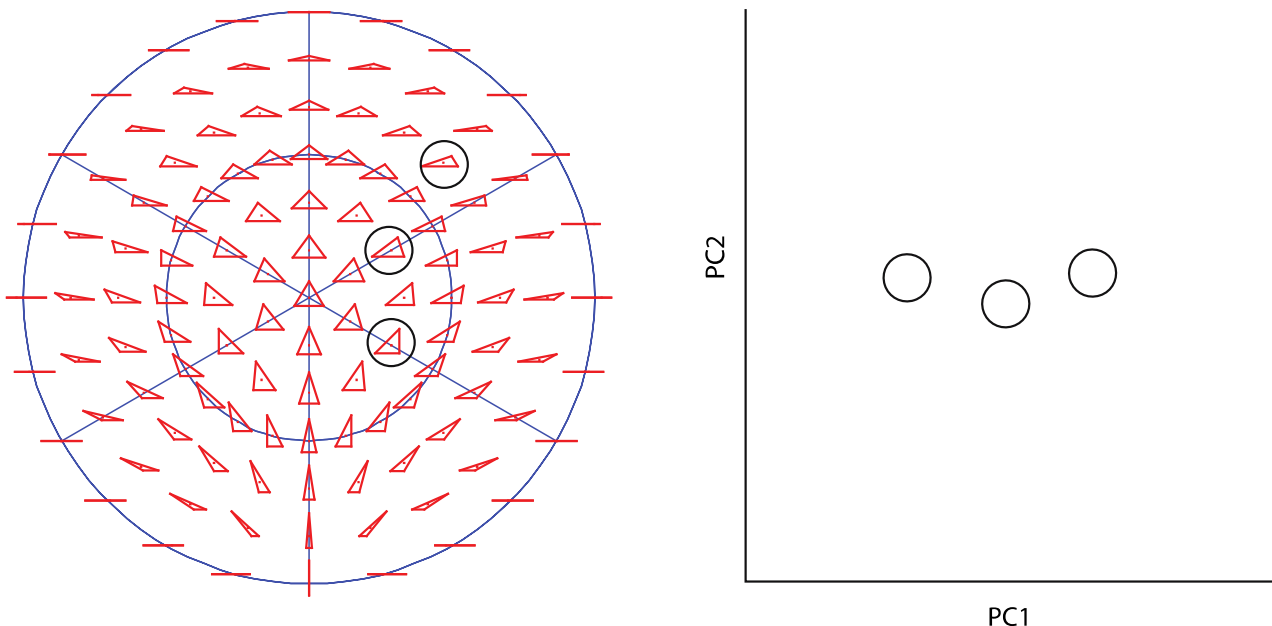
Una vez elegidos estos landmarks se estandariza el tamaño, la posición y la orientación de todos los individuos de manera que la distancia entre landmarks correspondientes en distintos organismos quede minimizada. Este proceso es conocido como superimposición Procrusto (Fig. 1). Existen diversos métodos de superposición, aunque este es el método mayoritario y da soporte al resto de técnicas de morfometría geométrica. Después tan solo queda obtener su posición en base a un sistema de coordenadas arbitrario, de manera que en estudios en dos dimensiones (p. ej. alas de mosca) obtendremos la posición de cada landmark con dos coordenadas (x, y) y en estudios en tres dimensiones (por ej. cráneos) con tres (x, y, z) (Fig. 1).

A partir de aquí, se trabaja con una idea abstracta: el morfoespacio. El morfoespacio es un espacio donde cada punto representa una forma (Fig. 2). El número de dimensiones de este espacio es igual al número de variables utilizadas (menos cuatro grados de libertad perdidos en la superimposición para estudios en dos dimensiones y siete en estudios en tridimensionales)

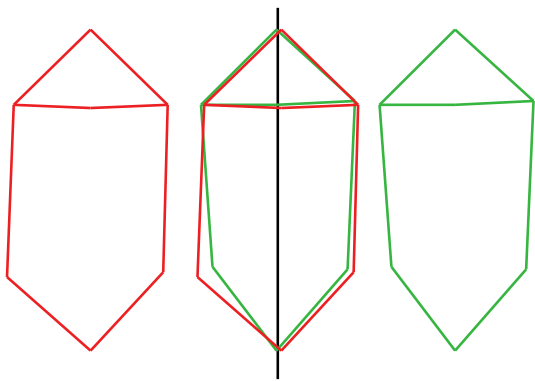
(Dryden y Mardia 1998). A partir de aquí se trabaja en dicho espacio, con los distintos especímenes representados en él como puntos y donde cada dimensión representa una variable (Fig. 2). Con métodos propios de estadística multivariante se estudia en este espacio la variación en forma de los especímenes. Por ejemplo, el análisis de componentes principales es comúnmente utilizado para visualizar la muestra en un nuevo sistema de coordenadas (Fig. 2). En realidad, muchos de estos métodos no son más que la extensión de métodos cuantitativos habituales en estadística univariante como la regresión, ANOVA o correlaciones.

### Morfometría geométrica y evolución

En cada número nuevo de las principales revistas sobre evolución aparecen nuevos estudios que utilizan morfometría geométrica para cuantificar la forma de estructuras biológicas con diferentes objetivos. En esta sección haremos un breve resumen del uso de la morfometría para abordar tres aspectos del fenotipo sumamente interesantes para entender la forma desde la perspectiva evolutiva: la simetría, la alometría y la integración. En ningún caso se restringen los estudios de morfometría a estos tres aspectos, sino que con frecuencia se han utilizado en, por ejemplo, la identificación de procesos selectivos (Gómez et al. 2006). De hecho, ha habido publicaciones que utilizan morfometría con una gran relevancia histórica (Herrera 1993) y/o gran impacto (Barluenga et al. 2006; Salazar-Ciudad y Marín-Riera 2013) que por falta de espacio no analizaremos.



**Fig. 2.** A la izquierda tenemos el morfoespacio de Kendall (1985). Es el morfoespacio que se produce para la forma de los triángulos, cada punto de este espacio representa un triángulo. Para tres hitos en dos dimensiones ( $2 \times 3 - 4$ ), este morfoespacio tiene 2 dimensiones (por lo que podemos representarlo aquí). Podemos imaginar que nuestros especímenes son los tres triángulos redondeados en el morfoespacio. Si sobre nuestros triángulos superimpuestos ejecutamos un análisis de componentes principales (PCA) obtendremos una figura como la de la derecha. La posición de los puntos cambiará pero las distancias entre ellos se mantendrán, puesto que el PCA rota el morfoespacio para conseguir nuevas dimensiones independientes entre sí y que acumulan progresivamente la mayor varianza posible.



**Fig. 3.** A la izquierda y a la derecha podemos ver dos figuras simétricas diferentes. En la figura central las vemos superpuestas y con el eje de simetría representado. El análisis de asimetría estudia la distribución de las diferencias entre ambos lados con respecto a la configuración media (no representada). Si estas diferencias son completamente aleatorias, la distribución se centrará en 0 (la media). Esto se conoce como asimetría fluctuante. Si la distribución se centra en otro valor (el de una diferencia concreta en la forma), obtendremos asimetría direccional.

### Simetría

Una de las características que se han estudiado con frecuencia mediante el uso de la morfometría geométrica es la simetría de las estructuras (Klingenberg et al. 2002). El interés en la simetría radica por un lado en que existen estructuras simétricas en la gran mayoría de los organismos animales y vegetales, por lo que es una propiedad muy común en la naturaleza. Por otro lado, porque la simetría es una consecuencia de procesos biológicos complejos, que a través de ella se pueden estudiar (Savriama et al. 2012). El análisis de estructuras simétricas constituye una magnífica oportunidad para estudiar la generación de la forma de las estructuras y por extensión, el origen ontogénico y evolutivo del fenotipo. Paradójicamente, sin embargo, la simetría perfecta no existe en la naturaleza y a la hora de hacer estudios empíricos ha de usarse una aproximación diferente. Lo que se estudia en morfometría es la asimetría, la diferencia entre lo observado y un concepto, la simetría perfecta (Fig. 3, 4). De los tres tipos de simetría existentes, asimetría fluctuante, asimetría direccional y antiasimetría, aquí se describirán los dos primeros, mayoritarios en la literatura (Parés-Casanova y Bravi 2014).

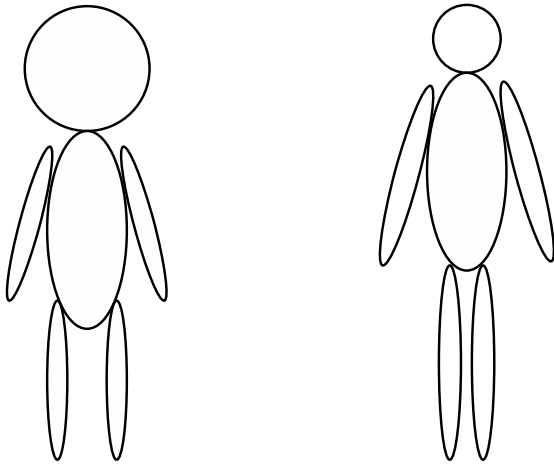
La asimetría fluctuante es la desviación aleatoria de la simetría perfecta. Por tanto, esta ocurre cuando la asimetría de las estructuras se da en cualquier dirección del morfoespacio con igual probabilidad. El estudio de esta asimetría ha sido el centro de atención en numerosos estudios de morfometría durante décadas, incluyendo estructuras tan complejas como el cerebro (Gómez-Robles et al. 2013). La justificación central para este interés ha sido siempre que las estructuras simétricas son estructuras sin variación genética

ni del medio en que se desarrollan (puesto que las células de ambas partes usan el mismo genoma y prácticamente el mismo entorno). Por tanto, esta variación entre un lado y otro se debería a ruido del desarrollo, ya que en la formación de las estructuras la maquinaria celular e histológica es más o menos precisa a la hora de llevar a cabo el fenotipo descrito en el genoma (Ludoški et al. 2014; Lazić et al. 2015). Imaginen que se les da el plano (genoma) de una catedral simétrica (estructura) a dos cuadrillas de albañiles (maquinaria celular) con los mismos materiales (mismo ambiente). La diferencia final entre las dos partes simétricas de la catedral será culpa de los albañiles, puesto que el plano será el mismo y los materiales también.

Sin embargo, en la naturaleza se ha encontrado con frecuencia una asimetría no aleatoria, sino en un sentido concreto. Es el tipo de simetría que se conoce como direccional (Savriama et al. 2012). Ocurre por ejemplo con la forma del corazón, cuya parte izquierda está más engrosada porque tiene una función ligeramente diferente a la parte derecha. Una parte de una estructura puede entonces tener una forma sistemáticamente distinta a su simétrica para que el desempeño del organismo sea óptimo. La importancia de este hecho es que la existencia de asimetría direccional niega el papel único del desarrollo en la variabilidad en estructuras simétricas, como ha sido demostrado también en otros estudios (Rego et al. 2006). En todo caso queda mucho por hacer en el estudio de la simetría y es un área que se encuentra en un momento interesantísimo, pues existen todavía bastantes incógnitas. Entre ellas, por qué se ha encontrado con tanta frecuencia asimetría direccional en la naturaleza y el sustrato genético de las asimetrías (Fernández Iriarte et al. 2003; Santos et al. 2005).



**Fig. 4.** Imagen tomada en la Alhambra, donde los 17 tipos de simetría están representados. (Imagen tomada de: Grünbaum, B. 2006. What symmetry groups are present in the Alhambra. *Notices of the AMS* 53: 670-673.)



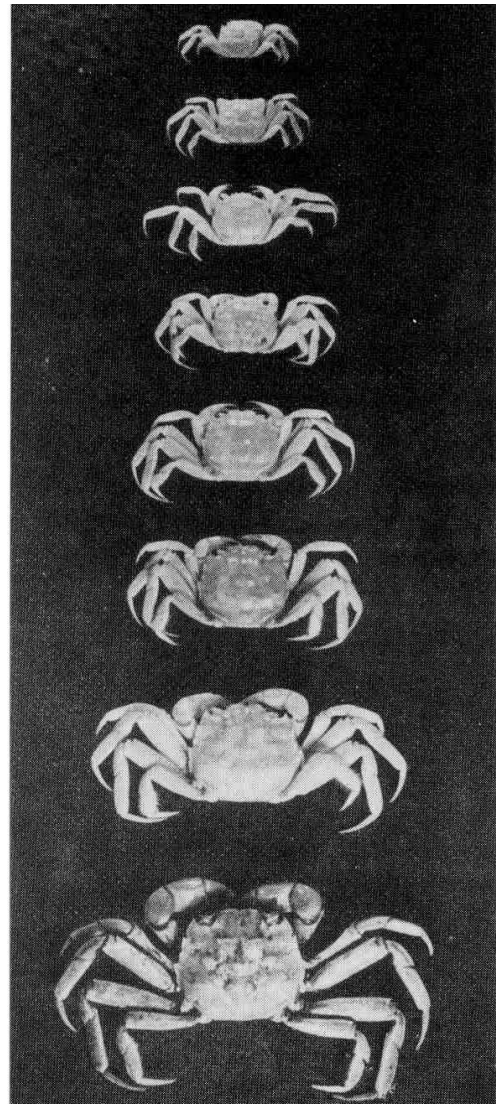
**Fig. 5.** ¿Cuál de las dos formas representa a un bebé y cuál a un adulto? El tamaño es el mismo, pero las proporciones son diferentes. Efectivamente, la forma de la izquierda se acerca más a la de un bebé, puesto que la cabeza es proporcionalmente más grande con respecto a tronco y extremidades. El análisis de alometría nos permite predecir la forma que el bebé tendrá cuando crezca (o el tamaño que el adulto tenía de bebé) y eliminar por tanto el efecto del tamaño. Si superimpusiéramos estas dos formas tal como están, la diferencia en tamaño estaría eliminada pero su influencia sobre la forma no.

### Alometría

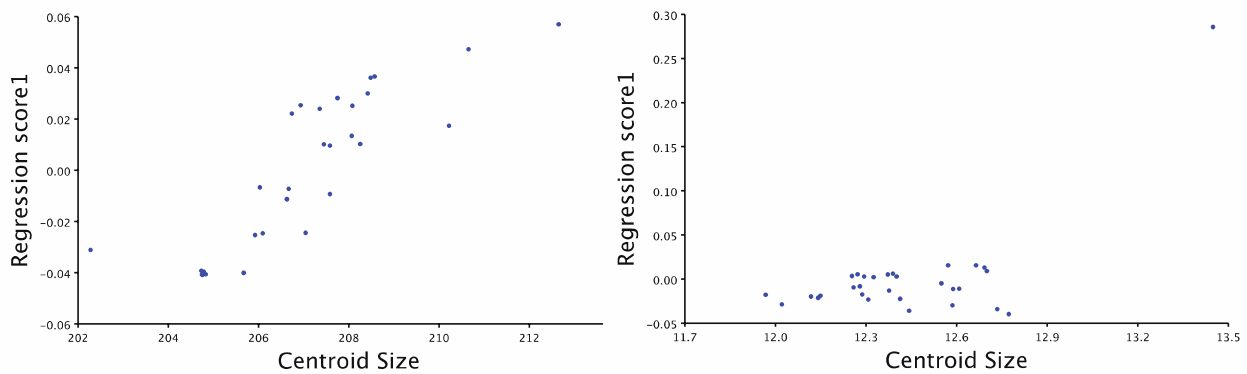
Mientras que el desarrollo es fundamental en la generación y explicación de la simetría en los organismos (Heuzé et al. 2012), en estudios de ontogenia la alometría es con diferencia el factor que más se ha estudiado (Bastir y Rosas 2004; Rodríguez-Mendoza et al. 2011). La alometría es un concepto clásico que relaciona el tamaño con las proporciones corporales (la forma) (Leonart et al. 2000; Mitteroecker et al. 2013). El ejemplo más común es el del desarrollo de los seres humanos y otros animales: mientras que los niños pequeños tienen una cabeza y un tronco proporcionalmente grande con respecto a las extremidades, conforme crecen desarrollan más el tamaño de sus extremidades hasta que se llega a la proporción adulta (Fig. 5, 6). Definimos entonces la alometría como la covariación entre tamaño y forma.

En morfometría geométrica, la magnitud utilizada como tamaño es el tamaño centroide (Bookstein 1991), la suma de las distancias desde los hitos hasta el centroide (o centro de gravedad) de la estructura. Esta medida es tan válida como cualquier otra (por ej. superficie o longitud), sobre todo porque el mismo concepto de tamaño puede ser resbaladizo cuando hablamos de diferentes formas. Por ejemplo, ¿es más grande una serpiente de tres metros o una cabra? La respuesta depende de lo que entendamos por tamaño. En todo caso, este no es el peor problema que se puede afrontar. Cuando se estudian proteínas, por ejemplo, cambios en el plegamiento pueden producir cambios drásticos en el tamaño del centroide para una misma proteína (Fig. 7). Afortunadamente los especímenes que estudiamos son casi siempre más homogéneos y todas las medidas son equivalentes.

Normalmente se ha utilizado un análisis de regresión multivariante para testar la relación entre el tamaño del centroide y la forma (Fig. 7). De ahí podemos obtener una recta de regresión que explicaría la forma esperada para cada tamaño según el modelo ajustado. Cuando el tamaño explica toda la variación en forma, la diferencia en la forma entre diferentes especímenes es simplemente debida a la variación en tamaño y por tanto unos serán sólo versiones más grandes de otras. Aunque este ejemplo es exagerado, en estudios de dimorfismo sexual la alometría puede jugar un papel importante (Rosas y Bastir 2002; Kaliontzopoulou et al. 2008; Outomuro et al. 2013). A nivel macroevolutivo, la alometría puede utilizarse en estudios de heterocronía. Por ejemplo, un estudio relativamente reciente demostró cómo los cráneos de las aves en realidad son cráneos juveniles de dinosaurios. Son por tanto un ejemplo de pedomorfosis (Bhullar et al. 2012).



**Fig. 6.** Serie de crecimiento de un ejemplar de *Cyrtograpsus angulatus*. Se puede observar cómo las extremidades se van haciendo proporcionalmente más grandes con el tamaño. (Imagen tomada de: Petriella, A.M. y Boschi, E.E. 1997. Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Investig. Mar.* 25: 135-157.)



**Fig. 7.** Ejemplos de análisis de alometría para un grupo de serín proteasas, donde el eje de las x representa el tamaño centroide y el de las y distintas formas. En la imagen de la izquierda, donde se han utilizado las proteínas completas, podemos observar una gran conservación en el tamaño centroide y una clara covariación entre tamaño y forma (alometría). En la imagen de la derecha, donde sólo usamos el centro activo de estas proteínas, podemos ver cómo una de ellas tiene un tamaño centroide mucho mayor. Esto se debe probablemente a algún desplegamiento de la zona, ya que esta proteína es una forma inactiva de una proteína presente entre las otras.

Con los residuales de la recta de regresión entre tamaño y forma obtendríamos el componente de la forma que no es explicado por la variación en tamaño. Con frecuencia se utilizan los residuales para saber si la variación en forma independiente de la variación en tamaño sigue ciertos patrones ya que aunque en la superimposición Procrustes se elimina el tamaño, no se elimina el efecto que este produce sobre la forma (Fig. 7).

### Integración y modularidad

La alometría con frecuencia produce una respuesta coordinada entre distintas partes de una estructura. En aves existe un cambio sistemático en forma debido al tamaño, haciéndose con el aumento en tamaño más pequeña la parte posterior del cráneo y más grande la cara anterior (incluyendo el pico) (Klingenberg y Marugán-Lobón 2013). La dependencia estadística en la posición de distintos hitos se conoce como integración. La alometría es un factor integrador frecuente (Vallejo-Marín et al. 2014).

Por un lado, la integración ocurre porque la forma de distintas partes de un organismo está condicionada por un mismo grupo de genes (pleiotropía) y procesos de desarrollo comunes y por lo tanto no pueden evolucionar de manera independiente. Por otro lado, la forma tiene en muchas estructuras una función y por tanto la posición de distintas partes del organismo es susceptible de covariar para que la estructura se mantenga funcional (Fig. 8). Este es el caso concreto del esqueleto craneodental de los mamíferos con régimen carnívoro, pues recientemente se ha demostrado que la covariación entre la mandíbula y el cráneo en este grupo es probablemente gobernada por selección (Figueirido et al. 2013). Además, este hecho suele estar relacionado con el hábitat en el que los organismos viven (Figueirido et al. 2010; De Esteban-Trivigno 2011; Gómez-Robles y Polly

2012; Figueirido et al. 2013; Martín-Serra et al. 2014; Pérez-Barrales et al. 2014; Gómez et al. 2015).

A este respecto existe un estudio con un material inigualable, el grupo de calaveras de Hallstat (Austria): un conjunto de cráneos humanos en los que se conoce su genealogía. Se estudió el grado de variación entre distintas partes del cráneo humano y el grado de variación genética en la población. Se vio cómo pese a existir una cantidad significativa de variación genética, la forma de los cráneos está muy integrada: no hay partes del cráneo cuya variación sea relativamente independiente a la variación en el resto (Martínez-Abadías et al. 2009). La evolución entonces de algunas estructuras del cráneo humano moldeó también el resto del cráneo (Martínez-Abadías et al. 2012).

Lo contrario a la integración, es decir, la independencia entre estructuras (relativa, puesto que todas las estructuras tienen cierto grado de dependencia) se llama modularidad. Los módulos son divisiones dentro de la estructura de interés que evolucionan de manera relativamente independiente entre sí (Fig. 9). Estos módulos suelen estar formados por varios hitos. Desde otro punto de vista la modularidad puede verse como un grupo de hitos integrados entre sí pero relativamente independientes con respecto a otro grupo de hitos. La estructura modular por tanto significa independencia entre dos partes de una estructura, lo que puede implicar independencia funcional, genética y/o del desarrollo. Esto es interesante porque una estructura modular confiere más flexibilidad a la evolución de la estructura, permitiéndola cambiar en muchos más sentidos.

Sin embargo, la presencia de modularidad es menos frecuente de lo que podría pensarse. Probablemente porque normalmente las estructuras bajo estudio suelen ser pequeñas y unidades funcionales, como cráneos, escápulas, o alas



(Figueirido et al. 2013; Klingenberg y Marugán-Lobón 2013). En cualquier caso parece que a un nivel mayor, en distintas estructuras del organismo, también hay un cierto nivel de integración (Martin-Serra et al. 2014).

### Software disponible y otros recursos

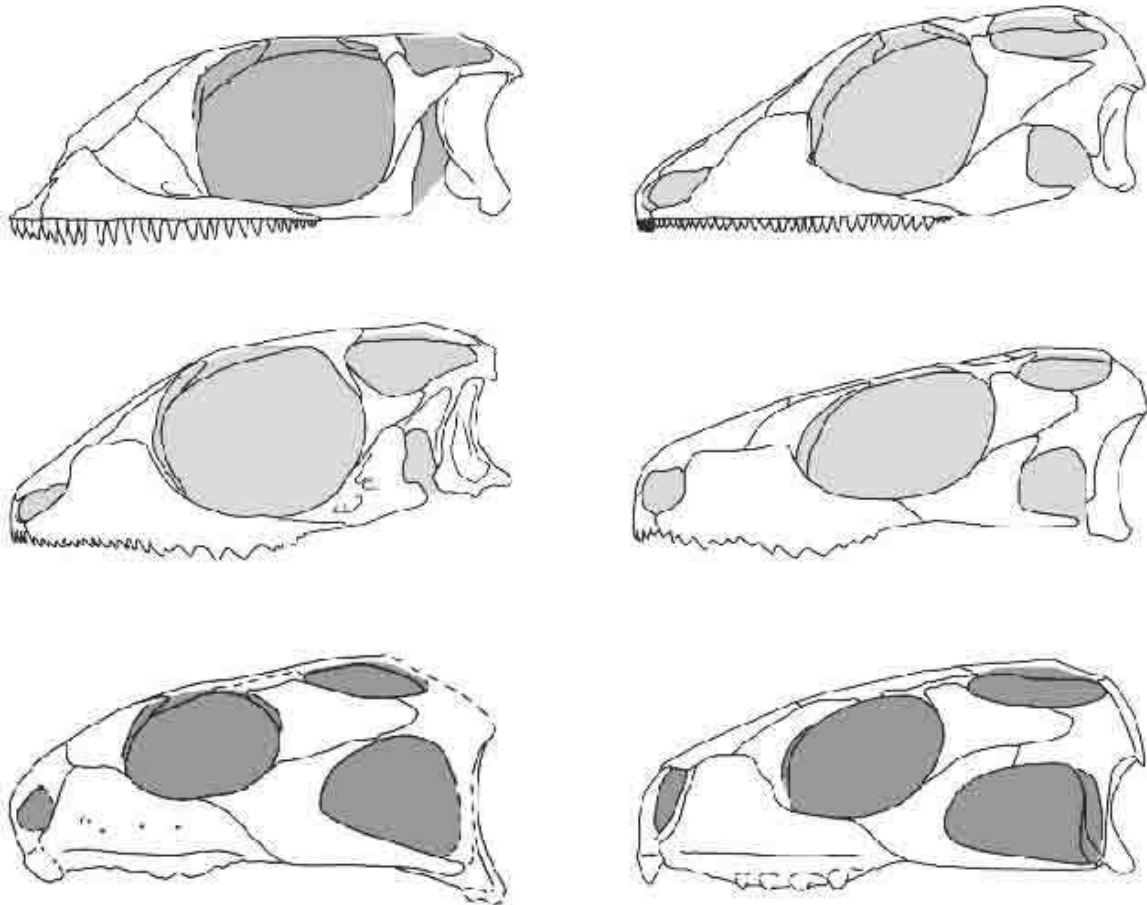
Para aquellas personas interesadas en aplicar estas técnicas existen muchos lugares donde encontrar información más detallada y profunda sobre morfometría geométrica, en esta sección enumeramos sólo los más populares.

En cuanto a **manuales**, existen desde los más tradicionales, con una base matemática y estadística más detallada (y que por tanto requieren una base previa en estos campos) como el libro de Dryden y Mardia 'Statistical Shape Analysis' (1998) o el manual de Bookstein 'Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology' (1991). Existen otros más especializados en la aplicación de las técnicas de morfometría (Claude 2008; Elewa 2010) y algún otro más específico sobre algún tema concreto en morfometría (MacLeod y Forey 2002). El último manual completo sobre morfometría geométrica, con una visión por tanto más actualizada, es el libro de Miriam Zelditch y colaboradores (Zelditch et al. 2012). Para una revisión sobre el estado de la morfometría geométrica en la

actualidad se publicó un excelente libro en 2013 con revisiones sobre distintos áreas dentro de la morfometría (<http://www.italian-journal-of-mammalogy.it/issue/view/405>).

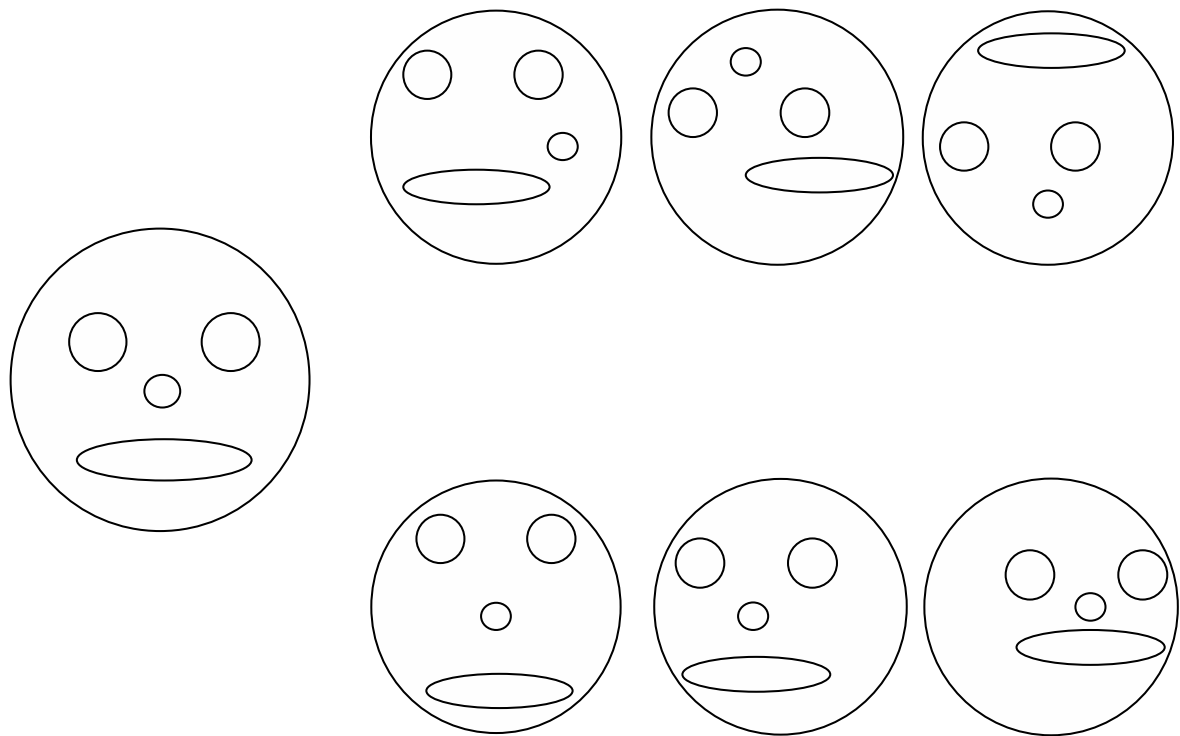
Con relativa frecuencia suelen aparecer números especiales de algunas revistas con temáticas concretas en los que se pueden encontrar muchos artículos sobre morfometría geométrica, como el número especial del año pasado sobre integración en *Philosophical Transactions of the Royal Society* (<http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/369/1649.toc>).

En cuanto a **cursos y otros recursos** donde recibir ayuda de otros científicos, existen muchos en distintas universidades (algunos online). En cuanto a cursos sólo mencionaré los cursos organizados por la empresa catalana *Transmitting Science* (<http://www.transmitting-science.org/category/courses-and-workshops/geometric-morphometrics/>) que ofrece desde workshops introductorios a la morfometría geométrica hasta otros sobre aspectos mucho más concretos del área como integración y ahora algunos sobre estadística multivariante. Por otro lado, existe una lista de distribución conocida como *Morphomet* (<http://www.morphometrics.org/morphmet.html>) donde casi diariamente se plantean y se responden dudas de cualquier tipo y nivel relacionadas con el área.



**Fig. 8.** Cráneos de lagartos. Se puede observar cómo la dentición está adaptada a una alimentación diferente, y a su vez esta dentición covaría con el resto del cráneo.

(Imagen editada de: Jones, M.E.H. 2008. Skull shape and feeding strategy in *Sphenodon* and other Rynchocephalia (Diapsida: Lepidosauria). *J. Morphol.* 269: 945-966.)



**Fig. 9.** A la izquierda, podemos ver una estructura con ojos, nariz y boca que representa la forma media de una población. Arriba, tres especímenes de una población donde ojos, nariz y boca son módulos diferentes y por tanto independientes entre sí. Abajo, tres especímenes donde estos tres módulos están también muy integrados entre sí y por tanto sus posiciones relativas siempre son muy parecidas.

En cuanto a **software disponible** se pueden destacar tres paquetes diferentes. Por un lado están los paquetes desarrollados por el laboratorio de Jim Rohlf conocidos como TPS (<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>), especialmente útiles a la hora de adquirir las coordenadas de los hitos una vez tomadas las fotografías. Por otro lado, los paquetes para R desarrollados por Dean Adams et al.: (<http://www.public.iastate.edu/~dcadams/software.html>), con las ventajas que el software de código abierto tiene. Por último, el software *MorphoJ* desarrollado por Chris Klingenberg ([http://www.flywings.org.uk/MorphoJ\\_page.htm](http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm)), muy utilizado también.

### Agradecimientos

Me gustaría agradecer en primer lugar a la SESBE, y en concreto a José Martín y Pilar López, la oportunidad de colaborar en la revista. Además, debo agradecer la colaboración de Borja Figueirido en la revisión del manuscrito en estadios preliminares, cuyas sugerencias han ayudado a mejorar sustancialmente la calidad del mismo. También a un revisor anónimo y a José Martín por sus sugerencias.

### REFERENCIAS

- Barluenga, M., Stölting, K.N., Salzburger, W., Muschick, M. y Meyer, A. 2006. Sympatric speciation in Nicaraguan crater lake cichlid fish. *Nature* 439: 719-723.
- Bastir, M. y Rosas, A. 2004. Comparative ontogeny in humans and chimpanzees: Similarities, differences and paradoxes in postnatal growth and development of the skull. *Ann. Anat.* 186: 503-509.
- Bhullar, B.S., Marugán-Lobón, J., Racimo, F., Bever, G.S., Rowe, T.B., Norell, M.A. et al. 2012. Birds have pedomorphic dinosaur skulls. *Nature* 487: 223-226.
- Bookstein, F. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Bookstein, F. 1997. Landmarks methods for forms without landmarks: morphometrics of group differences in outline shape. *Med. Image Anal.* 1: 225-243.
- Claude, J. 2008. *Morphometrics with R*. Springer, New York.
- De Esteban-Trivigno, S. 2011. Ecomorphology of extinct xenarthrans: Analysis of the mandible using geometric morphometrics Methods. *Ameghiniana* 48: 381-398.

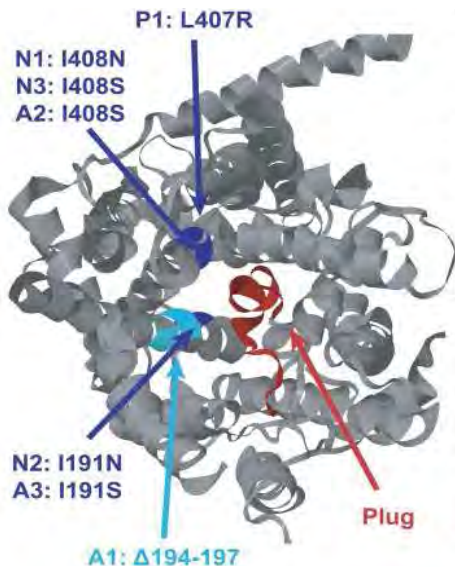
- Dryden, I.L. y Mardia, K.V. 1998. *Statistical Shape Analysis*.: John Wiley & Sons, New York.
- Elewa, A.M. 2010. *Morphometrics for Nonmorphometricians*. Springer.
- Fernández Iriarte, P., Céspedes, W. y Santos, M. 2003. Quantitative-genetic analysis of wing form and bilateral asymmetry in isochromosomal lines of *Drosophila subobscura* using Procrustes methods. *J. Genet.* 82: 95-113.
- Figueirido, B., Serrano-Alarcón, F.J., Slater, G. J. y Palmqvist, P. 2010. Shape at the cross-roads: homoplasy and history in the evolution of the carnivoran skull towards herbivory. *J. Evol. Biol.* 23: 2579-2594.
- Figueirido, B., Tseng, Z.J.J. y Martín-Serra, A. 2013. Skull shape evolution in durophagous carnivorans. *Evolution* 67: 1976-1993.
- Gómez, J.M., Perfectti, F. y Camacho, J.P.M. 2006. Natural selection on *Erysimum mediohispanicum* flower shape: Insights into the evolution of zygomorphy. *Am. Nat.* 168: 531-545.
- Gómez, J.M., Perfectti, F. y Lorite, J. 2015. The role of pollinators in floral diversification in a clade of generalist flowers. *Evolution* 69: 863-878.
- Gómez-Robles, A., Hopkins, W.D., y Sherwood, C.C. 2013. Increased morphological asymmetry, evolvability and plasticity in human brain evolution. *Proc. R. Soc. B.-Biol. Sci.* 280: 20130575.
- Gómez-Robles, A. y Polly, P.D. 2012. Morphological integration in the hominin dentition: Evolutionary, developmental, and functional factors. *Evolution* 66: 1024-1043.
- Herrera, C.M. 1993. Selection on floral morphology and environmental determinants of fecundity in a hawk moth-pollinated violet. *Ecol. Monogr.* 63: 251-275.
- Heuzé, Y., Martínez-Abadías, N., Steila, J.M., Senders, C.W., Boyadjiev, S.A., Lo, L.J. et al. 2012. Unilateral and bilateral expression of a quantitative trait: asymmetry and symmetry in coronal craniosynostosis. *J. Exp. Zool. B Mol. Dev. Evol.* 318: 109-122.
- Kaliontzopoulou, A., Carretero, M.A. y Llorente, G.A. 2008. Head shape allometry and proximate causes of head sexual dimorphism in *Podarcis* lizards: joining linear and geometric morphometrics. *Biol. J. Linn. Soc.* 93: 111-124.
- Kendall, D.G. 1984. Shape manifolds, procrustean metrics, and complex projective spaces. *Bull. London Math. Soc.* 16: 81-121.
- Kendall, D.G. 1985. Exact distributions for shapes of random triangles in convex sets. *Adv. Appl. Probab.* 17: 308-329.
- Klingenberg, C.P. 2008. Novelty and "homology-free" morphometrics: what's in a name? *Evol. Biol.* 35: 186-190.
- Klingenberg, C.P., Barluenga, M. y Meyer, A. 2002. Shape analysis of symmetric structures: Quantifying variation among individuals and asymmetry. *Evolution* 56: 1909-1920.
- Klingenberg, C.P. y Marugán-Lobón, J. 2013. Evolutionary covariation in geometric morphometric data: analyzing integration, modularity, and allometry in a phylogenetic context. *Syst. Biol.* 62: 591-610.
- Lazić, M.M., Carretero, M.A., Crnobrnja-Isailovic, J. y Kaliontzopoulou, A. 2015. Effects of environmental disturbance on phenotypic variation: an integrated assessment of canalization, developmental stability, modularity, and allometry in lizard head shape. *Am. Nat.* 185: 44-58.
- Leonart, J., Salat, J. y Torres, G. J. 2000. Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *J. Theor. Biol.* 205: 85-93.
- Ludoški, J., Djuracic, M., Pastor, B., Martínez-Sánchez, A.I., Rojo, S. y Milankov, V. 2014. Phenotypic variation of the housefly, *Musca domestica*: amounts and patterns of wing shape asymmetry in wild populations and laboratory colonies. *Bull. Entomol. Res.* 104: 35-47.
- MacLeod, N. y Forey, P.L. 2002. *Morphology, Shape and Phylogeny*. CRC Press, London.
- Martin-Serra, A., Figueirido, B., Pérez-Claros, J. A. y Palmqvist, P. 2014. Patterns of morphological integration in the appendicular skeleton of mammalian carnivores. *Evolution* 69: 321-340.
- Martínez-Abadías, N., Esparza, M., Sjøvold, T., González-José, R., Santos, M. y Hernández, M. 2009. Heritability of human cranial dimensions: comparing the evolvability of different cranial regions. *J. Anat.* 214: 19-35.
- Martínez-Abadías, N., Esparza, M., Sjøvold, T., Gonzalez-Jose, R., Santos, M., Hernández, M. et al. 2012. Pervasive genetic integration directs the evolution of human skull shape. *Evolution* 66: 1010-1023.
- Mitteroecker, P., Gunz, P., Windhager, S. y Schaefer, K. 2013. A brief review of shape, form and allometry in geometric morphometrics, with applications to human facial morphology. *Hystrix* 24: 59-66.
- Muñoz-Reyes, J.A., Gil-Burmann, C., Fink, B. y Turiegano, E. 2012. Facial asymmetry and aggression in Spanish adolescents. *Pers. Individ. Dif.* 53: 857-861.
- O'Higgins, P. y Milne, N. 2013. Applying geometric morphometrics to compare changes in size and shape arising from finite elements analyses. *Hystrix* 24: 126-132.
- Outomuro, D., Dijkstra, K.D.B. y Johansson, F. 2013. Habitat variation and wing coloration affect wing shape evolution in dragonflies. *J. Evol. Biol.* 26: 1866-1874.

- Parés-Casanova, P.M. y Bravi, R. 2014. Directional and fluctuating asymmetries in domestica sheep skulls. *J. Zool. Biosci. Res.* 1: 11-17.
- Pérez-Barrales, R., Simón-Porcar, V.I., Santos-Gally, R. y Arroyo, J. 2014. Phenotypic integration in style dimorphic daffodils (*Narcissus*, Amaryllidaceae) with different pollinators. *Phil. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 369: 20130258.
- Plomp, K.A., Viðarsdóttir, U.S., Weston, D.A., Dobney, K. y Collard, M. 2015. The ancestral shape hypothesis: an evolutionary explanation for the occurrence of intervertebral disc herniation in humans. *BMC Evol. Biol.* 15: 68.
- Rego, C., Matos, M. y Santos, M. 2006. Symmetry breaking in interspecific *Drosophila* hybrids is not due to developmental noise. *Evolution* 60: 746-761.
- Rodríguez-Mendoza, R., Muñoz, M. y Saborido-Rey, F. 2011. Ontogenetic allometry of the bluemouth, *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Teleostei: Scorpaenidae), in the Northeast Atlantic and Mediterranean based on geometric morphometrics. *Hydrobiol.* 670: 5-22.
- Rosas, A. y Bastir, M. 2002. Thin-plate spline analysis of allometry and sexual dimorphism in the human craniofacial complex. *Am. J. Phys. Anthropol.* 117: 236-245.
- Salazar-Ciudad, I. y Marín-Riera, M. 2013. Adaptive dynamics under development-based genotype-phenotype maps. *Nature* 497: 361-364.
- Santos, M., Fernández Iriarte, P. y Céspedes, W. 2005. Genetics and geometry of canalization and developmental stability in *Drosophila subobscura*. *BMC Evol. Biol.* 5: 7.
- Savriama, Y., Gómez, J.M., Perfectti, F. y Klingenberg, C.P. 2012. Geometric morphometrics of corolla shape: dissecting components of symmetric and asymmetric variation in *Erysimum mediohispanicum* (Brassicaceae). *New Phytol.* 196: 945-954.
- Vallejo-Marín, M., Walker, C., Friston-Reilly, P., Solís-Montero, L. y Iqic, B. 2014. Recurrent modification of floral morphology in heterantherous *Solanum* reveals a parallel shift in reproductive strategy. *Phil. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 369: 20130256.
- Zelditch, M.L., Swiderski, D.L. y Sheets, H.D. 2012. *Geometric Morphometrics for Biologists: a Primer*. Academic Press, San Diego.

### Información del Autor

Ceferino Varón González es doctor en Evolución por la Universidad de Manchester. Su tesis trata sobre morfometría geométrica y macroevolución y ha sido supervisada por el Prof. Chris Klingenberg. En este contexto, ha trabajado tanto en biología teórica como en estudios empíricos de distintos filos animales y vegetales y en proteínas. Ha colaborado como profesor asistente en distintos cursos sobre morfometría geométrica y evolución, tanto presenciales como online, en España y Reino Unido.

## DIVULGACIÓN EVOLUCIONISTA



\*Imagen tomada de Michener *et al.* 2014b

### Adaptación a la presencia de genes exógenos

Un comentario a dos trabajos recientes de Michener *et al.* 2014a,b

Comentado por Luis Boto

Dept. Biodiversidad y Biología Evolutiva,  
Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC  
E-mail: mcnb119@mncn.csic.es

La transferencia de material genético entre organismos ha sido conocida y explotada desde los primeros días de la Biología Molecular (Arber 2014) contribuyendo ampliamente al desarrollo de esta disciplina así como a la implementación de la Biotecnología. Sin embargo, inicialmente fue considerada como una mera curiosidad desde el punto de vista evolutivo hasta que Syvanen (1985) sugirió su posible papel como mecanismo de adquisición de nuevos rasgos y su posible introducción en el pensamiento evolutivo.

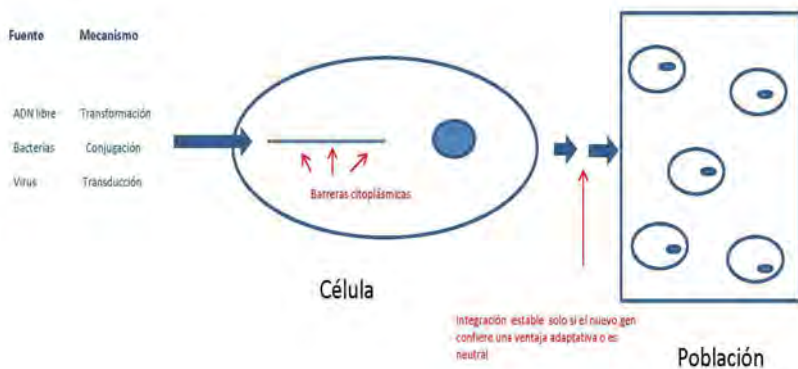
Desde entonces, numerosos estudios han contribuido a situar la transferencia génica horizontal (o lateral), o transferencia de material genético entre diferentes organismos y su exitosa incorporación estable al acervo genético de los receptores, entre las herramientas con las que trabaja la evolución.

Hoy parece claro que la transferencia génica horizontal, ha contribuido ampliamente a la modulación de los genomas procarióticos y por tanto a la evolución de bacterias y arqueas (Boto 2010, Syvanen 2012) y cada vez aparecen más evidencias de su papel en la adquisición de nuevos rasgos por parte de los eucariotas, principalmente en eucariotas unicelulares (Andersson 2009), pero también en plantas, hongos o metazoos (Boto 2014, Gao *et al.* 2014, Gladieux *et al.* 2014, Schoenknecht *et al.* 2014).

Del mismo modo, un ingente número de trabajos tratan de desentrañar los mecanismos que llevan a un material genético extraño a incorporarse exitosamente en nuevos entornos genómicos.

Hoy se conoce que la transferencia e incorporación estable de material genético a nuevos huéspedes es un largo proceso (Thomas y Nielsen 2005, Baltrus 2013) que requiere la movilización del ADN del donador, bien por liberación al medio extracelular bien por su integración en vectores como plásmidos, virus o bacteriófagos, su penetración en la célula receptora, la superación de barreras citoplásmicas como las que suponen los mecanismos de restricción/modificación bacterianos entre otros, la incorporación al genoma receptor a través de mecanismos de recombinación homóloga o heteróloga, la correcta expresión de los genes incorporados (en el caso de secuencias codificantes) en un entorno hostil desde el punto de vista de la transcripción, traducción y estabilidad de los productos génicos, y finalmente, su preservación a través de diferentes generaciones solo en el caso de que el material adquirido suponga una ventaja evolutiva o cuanto menos sea neutral para el receptor (ver Fig. 1). En el caso de los eucariotas con reproducción sexual, la separación de una línea germinal de la línea somática constituye una barrera adicional a la transmisión intergeneracional del posible material adquirido.

La mayoría de estudios que han conducido a establecer este escenario, que ayuda a entender como la transferencia génica horizontal actúa, han tenido en cuenta simplemente como el material transferido es capaz de remontar una serie de barreras hasta incorporarse establemente en el receptor.



**Fig. 1.** Representación esquemática del viaje de una pieza de ADN hasta su incorporación exitosa en una población receptora en procariontes. En eucariotas, la presencia de una membrana nuclear y de una línea germinal en algunos metazoos suponen barreras adicionales a la incorporación e integración de ADN exógeno (adaptado de Boto 2015).

Sin embargo, dos interesantes y elegantes trabajos (Michener *et al.* 2014a, b) han incidido recientemente en las modificaciones del receptor tras la adquisición de material genético exógeno que contribuyen a refinar su genoma antes de explotar con éxito las posibles ventajas derivadas de la adquisición de un nuevo gen.

Utilizando una aproximación de evolución *in vitro* Michener y colaboradores han conseguido identificar mutaciones en el genoma de diferentes especies y cepas de *Methylobacterium* asociadas a un aumento de fitness en presencia de Diclorometano tras la introducción de un gen *dcmA*, codificante para una dehalogenasa que facilita el catabolismo de este compuesto, que parece adquirirse por transferencia horizontal en algunas cepas naturales de *M. extorquens*.

Aunque la introducción del gen se traduce inicialmente en un menor crecimiento de los transconjugantes, tras 150 generaciones de evolución *in vitro* en presencia de diclorometano aparecen cepas con un mayor fitness que las cepas originales. La secuenciación de los genomas de éstas cepas de mayor fitness permite identificar mutaciones en cuatro genes, alguno de los cuales está asociado con el flujo de cloro al medio extracelular, lo que sugiere que este refinamiento del genoma del receptor contribuye a la explotación de las ventajas que supone la adquisición de un gen que permite la degradación del diclorometano presente en el medio.

Adicionalmente, estos estudios encuentran que en cepas naturales de *M. extorquens* que han adquirido el gen *dcmA* existen mutaciones en el promotor de uno de los genes identificados (diferentes a las encontradas tras la evolución *in vitro*) que hace que

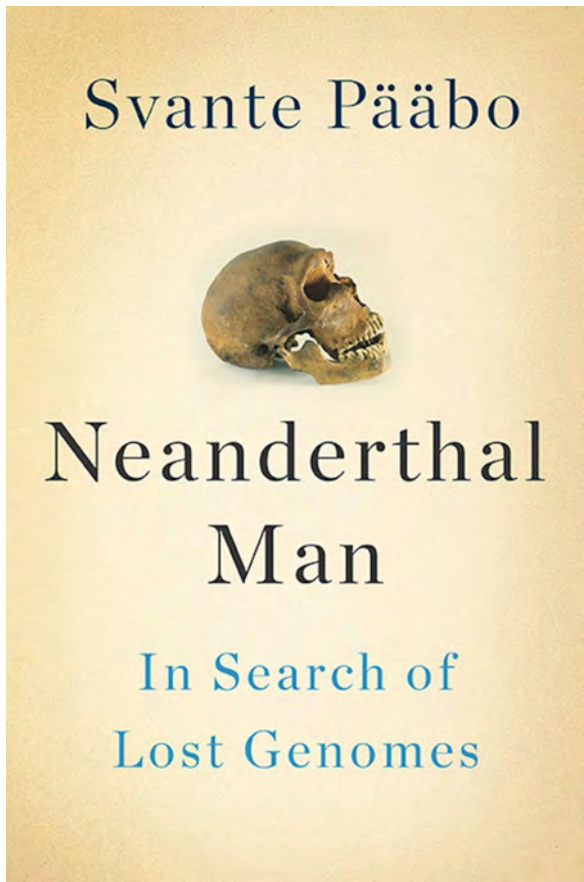
se exprese mejor que el correspondiente de cepas sin el *dcmA*, lo que apoya la posible implicación de estos genes mutados en la adaptación del receptor a la presencia de genes exógenos.

Lo que estos estudios ponen de relieve es que no solo el material genético adquirido por transferencia horizontal debe superar múltiples barreras antes de incorporarse a un nuevo entorno genético, sino que el entorno genético del receptor es capaz de evolucionar para adaptarse a la presencia de nuevo material genético.

## REFERENCIAS

- Andersson, J.O. 2009. Gene transfer and diversification of microbial eukaryotes. *Annu. Rev. Microbiol.* 63: 177-193.
- Arber, W. 2014. Horizontal gene transfer among bacteria and its role in biological evolution. *Life* 4: 217-224.
- Baltrus, D.A. 2013. Exploring the costs of horizontal gene transfer. *Trends Ecol. Evol.* 28: 489-495.
- Boto, L. 2010. Horizontal gene transfer in evolution: facts and challenges. *Proc. R. Soc. B* 277: 819-827.
- Boto, L. 2014. Horizontal gene transfer in the acquisition of novel traits by metazoans. *Proc. R. Soc. B* 281: 20132450.
- Boto, L. 2015. Evolutionary change and phylogenetic relationships in light of horizontal gene transfer. *J. Biosci.* 40: 465-472.
- Gao, C., Ren, X., Mason, A.S., Liu, H., Xiao, M., Li, J. y Fu, D. 2014. Horizontal gene transfer in plants. *Funct. Integr. Genomics* 14: 23-29.
- Gladieux, P., Ropars, J., Badouin, H., Branca, A., Aguilera, G., De Vienne, D.M., Rodriguez de la Vega, R.C., Branco, S. *et al.* 2014. Fungal evolutionary genomics provides insight into the mechanisms of adaptive divergence in eukaryotes. *Mol. Ecol.* 23: 753-773.
- Michener, J.K., Vuilleumier, S., Bringel, F. y Marx, C. J. 2014a. Phylogeny poorly predicts the utility of a challenging horizontally transferred gene in *Methylobacterium* strains. *J. Bacteriol.* 196: 2101-2107.
- Michener, J.K., Camargo Neves, A. A., Vuilleumier, S., Bringel, F. y Marx, C. J. 2014b. Effective use of a horizontally-transferred pathway for Dichloromethane catabolism requires post-transfer refinement. *eLife* 3: e04279.
- Schoenknecht, G., Weber, A.P.M. y Lercher, M.J. 2014. Horizontal gene acquisitions by eukaryotes as drivers of adaptive evolution. *Bioessays* 36: 9-20.
- Syvanen, M. 1985. Cross-species gene-transfer. Implications for a new theory of evolution. *J. Theor. Biol.* 112: 333-343.
- Syvanen, M. 2012. Evolutionary implications of horizontal gene transfer. *Annu. Rev. Genet.* 46: 341-358.
- Thomas, C.M. y Nielsen, K.M. 2005. Mechanisms of, and barriers to, horizontal gene transfer between bacteria. *Nat. Rev. Microbiol.* 3: 711-721.

## COMENTARIOS DE LIBROS



### "NEANDERTHAL MAN: IN SEARCH OF LOST GENOMES"

de Svante Pääbo

Basic Books, New York, 2015.

Comentado por  
**Iker Irisarri**  
Laboratorio de Zoología y Biología Evolutiva,  
Dept. de Biología, Universidad de Constanza,  
Alemania.  
Email: [iker.irisarri@uni-konstanz.de](mailto:iker.irisarri@uni-konstanz.de)  
[irisarri.iker@gmail.com](mailto:irisarri.iker@gmail.com)

*"El Hombre Neandertal: en Busca de los Genomas Perdidos"* es un relato que nos acerca a nuestros primos lejanos homínidos más famosos. A estas alturas de la película todos hemos oído hablar de ellos. ¿Qué pasa ahora para que tenga que interesarme por los neandertales otra vez? Pues bien, los avances recientes en técnicas de secuenciación de ADN están permitiendo que conozcamos muchos detalles acerca de cómo se organiza y cómo funciona nuestro genoma. Y da la casualidad que la secuencia de nuestro ADN,

además de contener las instrucciones para generar individuos adultos funcionales, también conserva rastros que revelan nuestra evolución como especie. Un momento, ¿cómo dices? Sí, este libro es un viaje a la historia evolutiva de nuestro linaje, el humano, pero será un viaje a través de la información revelada por el genoma. Svante Pääbo nos ofrece un relato muy personal del origen y progreso de una nueva disciplina científica llamada "genética del ADN antiguo", ya que fue él quien la instauró en los años 80 del siglo pasado, siendo desde entonces uno de sus principales impulsores. La disciplina del ADN antiguo aúna genética y biología molecular y evolutiva, para tratar de descifrar aspectos de nuestro pasado en base a la información genética que puede permanecer en restos fósiles. El relato de Pääbo también nos acerca al proceso (humano) mediante el cual avanzamos en el conocimiento científico. Es, por tanto, un privilegio conocer de primera mano los eventos que ahora nos permiten entender nuestra evolución mediante el estudio del ADN fósil. Además, la crónica en primera persona nos transmite de forma bastante fidedigna las genialidades y adversidades, entusiasmos y decepciones, glorias y penas inherentes a la propia investigación científica, a la vez que nos revela aspectos apasionantes (ie inesperados!) de nuestra evolución, la humana.

El libro, escrito originalmente en inglés, es de lectura agradable y fluida. Su objetivo es divulgar aspectos relevantes de nuestra historia evolutiva más reciente como humanos, así como exponer el proceso de desarrollo de la disciplina del DNA antiguo. Dado este carácter divulgativo, el autor evita la argumentación compleja y/o técnica innecesaria. Cualquier persona interesada en el tema podrá seguir el libro sin problema alguno. El uso de jerga científica está reservado a aquellas partes donde es realmente necesario, y, en cualquier caso, los conceptos están explicados de manera que puedan ser comprendidos por el gran público. ¡Qué nadie se asuste!

Quizás uno de los pasajes del relato más divertidos es cuando Pääbo describe el origen de la disciplina del ADN antiguo: ocurrió en la más absoluta clandestinidad! Por aquel entonces, Pääbo se encontraba realizando su doctorado en inmunología, a pesar de que su pasión confesa fue siempre el Antiguo Egipto. Sumando esta pasión con los conocimientos adquiridos en el laboratorio, Pääbo se propuso obtener el ADN de una momia que vivió hace más de 2400 años. Este proyecto, en principio totalmente descabellado a la luz de los conocimientos técnicos de la época, debía ser llevado a cabo a espaldas de sus compañeros y director de tesis, con grandes dosis de



Svante Pääbo

nocturnidad y alevosía. Pero, ¿por qué tanto revuelo con el ADN de una momia? El ADN, junto con la mayoría de las moléculas de un organismo, se degrada con mucha rapidez tras la muerte. Por ello, normalmente sólo podemos estudiar el ADN de organismos vivos. Sin embargo, Pääbo demostró que en ciertos casos la información genética puede permanecer detectable, incluso después de miles de años, esperando a ser estudiada por nosotros. Este hallazgo fue publicado en la prestigiosa revista *Nature*, y lo que en principio parecía una idea descabellada acabó convirtiéndose en un hito para la ciencia. Fue también el origen de una nueva disciplina y el detonante de una brillante carrera científica.

Tras finalizar su doctorado, Pääbo viajó a California para trabajar con el famoso biólogo evolutivo Allan Wilson, y conoció de primera mano técnicas novedosas que revolucionarían la biología molecular, la PCR entre ellas. En su carrera, Pääbo ha investigado multitud de especies extintas como el lobo marsupial de Tasmania o el mamut, y multitud de restos humanos, como el famoso Ötzi, el hombre de la Edad de Cobre que fue encontrado congelado en los Alpes. Sin embargo, sus investigaciones más relevantes y conocidas son las relacionadas con neandertales. Pääbo y su equipo fueron pioneros en descifrar fragmentos de ADN a partir de restos óseos, que curiosamente fueron los primeros restos de neandertal en ser descubiertos, allá en el siglo XIX. Este primer estudio vio la luz en 1997. Desde aquel primer momento, las técnicas han avanzado enormemente, permitiendo obtener más y más información del ADN neandertal. Y gran parte de estos avances se los debemos al trabajo de Pääbo y su equipo. La culminación a su carrera, así como la del libro, es la secuenciación del genoma neandertal, un proyecto complejo que supuso un enorme coste económico, pero también importantes retos científicos, técnicos y humanos que el autor nos relata con pasión.

Los resultados derivados de estos estudios han influido enormemente en el conocimiento de nuestra propia evolución. Por ejemplo, la hipótesis más aceptada durante años fue que las razas humanas tuvieron un origen antiguo e independiente en distintas regiones del globo (la hipótesis del "multiregionalismo"). Esto implicaba que los neandertales serían los ancestros de los actuales europeos. Sin embargo, estudios genéticos posteriores demostraron que los humanos actuales compartimos más similitudes entre nosotros que los europeos con los neandertales, apoyando el origen común de los humanos modernos. Sin embargo, no todo es tan sencillo, y la historia evolutiva humana atesora multitud de sorpresas inesperadas a la espera de ser descubiertas por el ávido lector. Sorpresas, que no en pocas ocasiones lo fueron también para aquéllos que las desenmascararon. Para hacernos una idea de la importancia de la genética del ADN antiguo, mencionaré a los *denisovanos*, una especie humana recientemente descubierta en Siberia. Pese a que apenas existen restos fósiles, la genética nos ha permitido conocer detalles de su evolución que antes ni siquiera habríamos podido



imaginar. En definitiva, el descubrimiento de nuestra propia evolución a través del prisma de la genética será con seguridad un viaje apasionante.

Además de ahondar en nuestra propia evolución reciente, el libro es también un viaje por el proceso humano de generación de conocimiento mediante la ciencia. Me refiero por ejemplo a avances técnicos, a veces vertiginosos, que han permitido extraer más ADN y de mejor calidad de restos fósiles. Un aspecto crucial para la genética del ADN antiguo es la de evitar la contaminación por ADN moderno; medidas que se han ido desarrollando con los años y la experiencia, pero sobre todo con mucho trabajo. Tal es la importancia de este asunto que Pääbo dedica varios pasajes a describir los estrictos protocolos que creó para evitar contaminaciones. En ocasiones rallan la paranoia y supongo que podrán incluso parecer increíbles para algunos lectores. Otro relato apasionante se refiere a los avances técnicos que han revolucionado la biología en las últimas décadas, desde la PCR en los años 80 del pasado siglo hasta los métodos de secuenciación masiva que llegaron con el cambio de siglo. Además de estos retos técnicos, Pääbo nos muestra también la vertiente más humana de la ciencia: la importancia de las colaboraciones entre distintas disciplinas, el trabajo en equipo, la competición por hacer el hallazgo más relevante o sorprendente y hacerlo antes que los demás, etc. Por encima de todo, nos recuerda que la ciencia no es un ente objetivo y aséptico, sino que es realizada por y para personas y, por tanto, está supeditada en gran medida a nuestras relaciones. Pääbo nos desvela también ciertos aspectos de su vida personal, incrustados en un relato principal, que desde mi punto de vista lo enriquecen enormemente y resultan imprescindibles para poder comprender la esencia y complejidad de Svante Pääbo como persona y como científico.



# 5º Congreso de la Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE)

Del 18-01-2016 al 21-01-2016

Centro Social Universitario (Murcia)

Organizado por Dpto. Zoología y Antropología Física, Universidad de Murcia

Estimados miembros de la SESBE:

Es un placer anunciaros en nombre del Comité Organizador, que el V Congreso de nuestra sociedad tendrá lugar en Murcia, entre el lunes 18 de enero (por la tarde) y el mediodía del jueves 21 del 2016..

## Comité Organizador:

Miembros del Departamento de Zoología y Antropología Física, Universidad de Murcia. Área de Biología Animal.

*José Serrano Marino  
José Galián Albaladejo  
Pilar De la Rúa Tarín  
Antonio Salvador Ortiz Cervantes  
Carlos Ruiz Carreira*

*Irene Muñoz Gabaldón  
Alejandro López López  
Julia Rodríguez García  
Javier Sánchez García  
Laura Jara Nicolás*

## Comité Científico:

*Aguade Porres, Montse. Barcelona  
Bertranpetit, Jaume. Barcelona  
Castro, Laureano. Madrid  
Catalán Rodríguez, Pilar. Zaragoza  
De la Rúa Tarín, María Pilar. Murcia  
Elena, Santiago F. Valencia  
Galián, José. Murcia  
Gómez-Zurita, Jesús. Barcelona  
Latorre Castillo, Amparo. Valencia*

*Machordom Barbé, Annie. Madrid  
Moreno Klemming, Juan. Madrid  
Nieto Feliner, Gonzalo. Madrid  
Posada, David. Vigo  
Ramón Juanpere, Cori. Mallorca  
Ribera, Ignacio. Barcelona  
Sanz, José Luís Sanz. Madrid  
Soler Cruz, Manuel. Granada  
Vila Taboada, Marta. La Coruña*

[http://eventos.um.es/event\\_detail/1710/detail/5o-congreso-de-la-sociedad-espanola-de-biologia-evolutiva-sesbe.html](http://eventos.um.es/event_detail/1710/detail/5o-congreso-de-la-sociedad-espanola-de-biologia-evolutiva-sesbe.html)

## Conferencias Plenarias:

**Susanna Manrubia**  
(ComplejiMad, Madrid)



**Brent C. Emerson**  
(Univ. La Laguna)



**Carlos Herrera**  
(CSIC- E.B. Doñana)



**Fredrik Ronquist**  
(Univ. Stockholm, Estocolmo)



**Martin Sikora**  
(Natural History Museum of  
Denmark, Copenhagen)



## Mesa redonda:

*Aspectos filosóficos de la teoría sintética de la evolución  
en la actualidad*

**Ponente: Arantza Etxeberria**  
(Universidad P. Vasco, San Sebastián)



En próximas actualizaciones de la página Web del congreso iremos incluyendo detalles como la organización de las sesiones, las cuotas de inscripción, etc.

**¡Os esperamos!**

## NORMAS DE PUBLICACIÓN

**eVOLUCIÓN** es la revista electrónica de la **Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE)** que publica artículos y notas sobre cualquier aspecto de la biología evolutiva, así como artículos de divulgación o revisión invitados, artículos de opinión, entrevistas a personalidades relevantes de la Biología Evolutiva, noticias (congresos, cursos, etc.), crítica de libros, apuntes de cómo se ve la evolución fuera del ámbito científico, etc.

**eVOLUCIÓN** no es una revista científica por lo que no se consideran para su publicación trabajos científicos con datos originales. La revista publica como *Artículos* textos originales que no excedan las 20 páginas impresas (aunque podrán considerarse trabajos más extensos) que traten sobre temas actuales relacionados con la evolución. El estilo debe de ser claro y conciso y la presentación atractiva incluyendo tablas y figuras abundantes. En su sección de *Notas Breves* tienen cabida textos de menor extensión (tres páginas), en los que se informe brevemente de una investigación original, de alguna técnica nueva o de algún descubrimiento interesante en cualquier rama de la Biología Evolutiva. Finalmente, la sección de *Forum* publica textos cuyo principal objetivo es facilitar la discusión y crítica constructiva sobre trabajos o temas importantes y de actualidad, así como estimular la presentación de ideas nuevas.

Los originales recibidos serán sometidos a revisión con la participación de al menos dos revisores externos especializados cuya misión será la de sugerir propuestas encaminadas a mejorar el trabajo, tanto en el fondo como en la forma. Los textos deberán ser originales. Sus autores se comprometen a no someterlos a publicación en otro lugar, adquiriendo la SESBE, como editora de los mismos, todos los derechos de publicación sobre ellos.

Los **trabajos** deberán ir escritos en castellano a doble espacio, con márgenes de 3 cm. y deberán incluir en este orden: Página de título (que incluya el título, los nombres completos de los autores y la dirección de cada uno de ellos), Resumen con Palabras Clave (incluyendo una versión en inglés), Texto, Agradecimientos y Referencias bibliográficas. Las Tablas, Figuras, Apéndices y Pies de Figuras irán, en su caso, al final en hojas separadas. No se aceptarán notas a pie de página. Todas las páginas deberán ir numeradas (esquina superior derecha).

En el texto las referencias se ordenarán por orden cronológico: Darwin *et al.* (1856), Darwin y Lamarck (1857) o al final de la frase (Darwin *et al.* 1856; Darwin y Lamarck 1857).

La **lista de referencias** bibliográficas se encabezará con el epígrafe "Referencias". Los trabajos se ordenarán alfabéticamente y para cada autor en orden cronológico (el más reciente el último). Los nombres de las revistas irán en cursiva y se abreviarán. Se incluyen a continuación algunos ejemplos.

Zahavi, A. 1975. Mate selection-a selection for a handicap. *J. Theor. Biol.* 53: 205-214.

García-Dorado, A., López-Fanjul, C. y Caballero, A. 1999. Properties of spontaneous mutation affecting quantitative traits. *Genet. Res.* 74: 341-350.

Leakey, L.S.B., Tobias, P.V. y Napier, J.R. 1964. A new species of the genus *Homo* from Olduvai gorge. *Nature* 209: 1279-1281.

Hamilton, W.D., Axelrod, R. y Tanese, R. 1990. Sexual reproduction as an adaptation to resist parasites. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 87: 3566-3573.

Moreno, J. 1990. Historia de las teorías evolutivas. Pp. 27-43. En: Soler, M. (ed.), *Evolución. La Base de la Biología*. Proyecto Sur, Granada.

Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* John Murray, London.

Las **figuras y tablas** deberán ir acompañadas, en hoja aparte, por los pies correspondientes. Se pueden incluir también fotografías en blanco y negro o color de buena calidad, en cuyo caso se indicarán los autores de las mismas. Las fotografías se enviarán como archivos de imagen independientes, en formato TIFF, JPG o BMP con una resolución mínima de 300 pp. No se aceptan figuras insertadas en archivos de texto.

Al final del texto se incluirá un breve apartado sobre **Información de los autores**.- un párrafo de como máximo 100 palabras (150 para 2 o más autores) describiendo brevemente los detalles e intereses científicos de los autores. Este texto no sustituye a los agradecimientos, sino que pretende ofrecer información adicional a los lectores sobre la actividad y objetivos de los responsables del trabajo.

Una copia del manuscrito en soporte informático (preferentemente archivos de Word para Windows), deberá remitirse a los editores por correo electrónico:

**José Martín Rueda y Pilar López Martínez**

**e-mail: jose.martin@mncn.csic.es**

**pilar.lopez@mncn.csic.es**

# EVOLUCIÓN

© 2015



ISSN 1989-046X