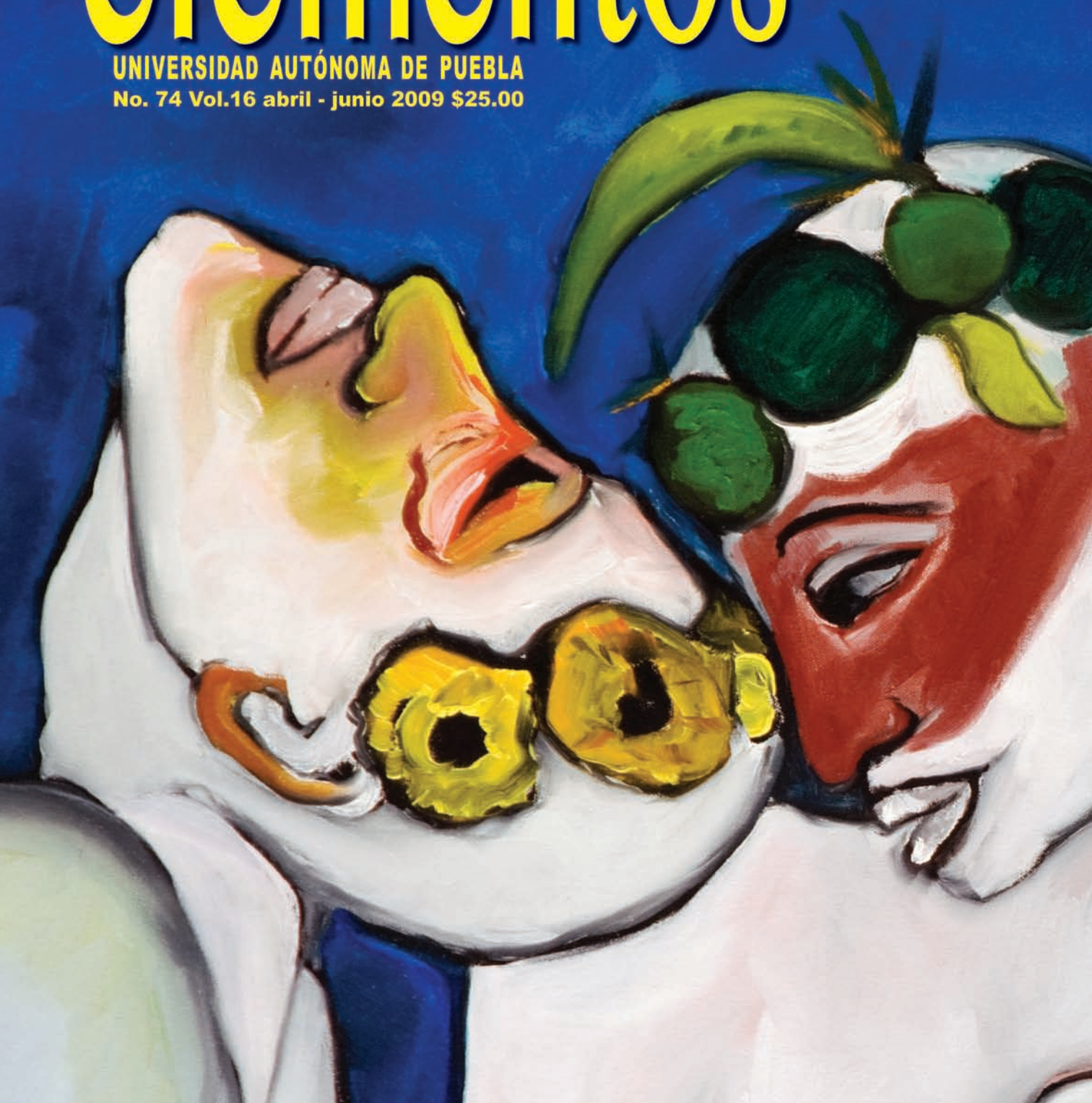


CIENCIA Y CULTURA elementos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

No. 74 Vol.16 abril - junio 2009 \$25.00



14-05-09

En el bicentenario de Darwin, ¿y los pájaros? A. Ashwell El dilema del prisionero...
G. Rojas Piloni **Neurotoxinas...** E. Salceda y A. Ortega **Una aproximación teórica al concepto
de individuo** F. Fontúrbel **La mentalidad sintagmática versus la tradición...** A. Carrillo Canán



© Anamaría Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

rector, Enrique Agüera Ibáñez
secretario general, José Ramón Eguibar Cuenca
vicepresidente de investigación y estudios de posgrado, Pedro Hugo Hernández Tejeda

ELEMENTOS

www.elementos.buap.mx

revista trimestral de ciencia y cultura
 número 74, volumen 16, abril-junio de 2009

director, Enrique Soto Eguibar

subdirector, José Emilio Salceda

consejo editorial, Beatriz Eugenia Baca
 María de la Paz Elizalde, Enrique González Vergara
 Francisco Pellicer Graham, Leticia Quintero Cortés
 José Emilio Salceda, Raúl Serrano Lizaola
 Enrique Soto Eguibar, Cristóbal Tabares Muñoz
 Gerardo Torres del Castillo

edición, José Emilio Salceda, Enrique Soto Eguibar

diseño y edición gráfica, Miguel Sánchez Vázquez

obra gráfica, Anamaría Ashwell

impresión, Xpress Gráfica S.A. de C.V.

redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria
 Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570

email: esoto@siu.buap.mx

Revista registrada en Latindex (www.latindex.unam.mx)
 catalogada en red alyc (<http://redalyc.uaemex.mx>) y miembro
 de la Federación Iberoamericana de Revistas Culturales
 Certificados de licitud de título y contenido 8148 y 5770
 ISSN 0187-9073



© Anamaría Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.

S U M A R I O

**En el bicentenario de Darwin,
 ¿y los pájaros?** **3**

Anamaría **Ashwell**

**Algunas ideas acerca de la orientación
 a distancia en los animales** **15**

Ernst **Baumgardt**

**El dilema del prisionero: una visión
 darwinista sobre la moral y la ética** **23**

Gerardo **Rojas Piloni**

**Neurotoxinas: significado biológico
 y mecanismos de acción** **29**

Emilio **Salceda** y Aída **Ortega**

**Centrales eólicas en el Istmo
 de Tehuantepec; su impacto ambiental
 y socioeconómico** **39**

Ricardo **Henestroza Orozco**

**Una aproximación teórica al concepto
 de individuo** **45**

Francisco E. **Fontúrbel** y Carla V. **Barriga**

**La mentalidad sintagmática versus
 la tradición; reflexión sobre la mente libre** **55**

Alberto **Carrillo Canán**

Carta a la redacción **63**

Julio **Muñoz**

Libros **64**



© Anamaria Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.

En el bicentenario DE DARWIN ¿y los pájaros?

Anamaría
Ashwell

No he llegado a entender por qué razón de una persona desmemoriada, con repetidos atolondramientos e incapaz de fijar su atención en un objeto, se dice que tiene “cabeza de chorlito”. En el libro de imputaciones calumniosas a las aves, la expresión que supone un botarate al chorlo debe estar debajo de la falsedad que supone al ñandú tan tonto como para esconder la cabeza cuando sobreviene un peligro. Me atrevería a afirmar que el saber humano no produciría tantas equivocaciones de rumbo colectivo ni sembraría tanta desolación individual si la mayoría de las personas tuviese memoria, vivacidad e ingenio en una proporción directa a la del tamaño de su cerebro cotejado con el pequeño cráneo de un chorlo.

Luis Mario Lozzia,
Elogio de las Aves Condenadas

En el siglo XIX europeo —particularmente en el reino inglés— se pusieron de moda las expediciones científicas a ultramar en busca de novedades y rarezas zoológicas (así como botánicas); y también el coleccionismo de aves con particular énfasis en las aves conocidas como colibríes, chupamirtos, chuparrosas o picaflores.¹ Estos pequeños pajaritos americanos —solitarios, poderosos voladores y sorprendentemente ágiles— nunca caminan sobre suelo plano pero mediante el aleteo intenso se detienen en las flores para chupar el néctar o para engullir los pequeños insectos que se posan en las hojas. El colibrí ha tenido presencia importante y constante a lo largo del continente americano no sólo en los mitos fundacionales de las culturas indígenas sino como símbolo de deidades (el *Huitzilo-pochtli* mexica el más conocido y estudiado). En las Antillas los pueblos prohibían su cacería: eran el espíritu de los seres queridos ya muertos. Para los pueblos hopi y zuni, sin colibríes no habían lluvias, y entre el pueblo mojave este brillante pajarito traía la luz matutina. *Huitzitzilin* fue su nombre en náhuatl y significa “espina que hace ruido como de campanitas”, una descripción exacta de una avecilla que tiene un pico que parece espina y que por su veloz aleteo es sonora.²

A Europa los colibríes llegaron disecados por los naturalistas de las expediciones científicas en ultramar: en el *Systema Naturae* de Linneo de 1758 apenas estaban clasificadas 18 especies; para 1829 ya eran más de 110 especies reconocidas; en 1833 las especies clasificadas aumentaron a 200 y en unos pocos años la totalidad de las casi 320 especies actuales ya era conocida (la primera y mayor colección europea perteneció a George Loddiges y contenía 200 especímenes disecados).

La demanda por poseer siquiera un espécimen de un chupamirto disecado —y con su plumaje intacto— fue en el siglo XIX tan grande que en unos pocos años se inició una competida cacería de estas avecillas por tierras americanas. La demanda inicialmente provenía de boneterías y modistos cuyos clientes pagaban sumas extravagantes por un espécimen para adornar vestidos y sombreros: esa demanda se volvió tan grande, irracional e insaciable, que los científicos en expediciones de ultramar —justificándose que capturaban, mataban y disecaban especies desconocidas— se involucraron abiertamente en su comercio.

Un espécimen de *Loddigesia mirabilis* capturado y disecado en Perú, la estrella de la colección de George Loddiges, si se hubiera puesto a la venta habría recaudado más de cincuenta libras esterlinas (fue hasta 1880, durante una cacería infatigable por tierras americanas, cuando científicos finalmente dieron muerte a otro espécimen que también trasladaron a Europa). El precio que se pagó por poseer un chupamirto ornamental en unos pocos años había soltado sobre estas diminutas aves a unos *bounty hunters* (cazarrecompensas) —muchas veces con títulos de ornitólogos y naturalistas— que terminó por exterminar varias especies en unos pocos años. El colibrí, una vez descubierto, rápidamente cayó presa de la aidez coleccionista en el siglo XIX y sólo por causa de su belleza: los hombres y mujeres codiciaron su brillante y tornasolado plumaje. En 1846 el mayor conocedor de aves de la Sociedad Zoológica de Londres, John Gould, dejó este testimonio de cómo se extendieron las redes comerciales para capturar a esta inofensiva avecilla incluso entre culturas que antes sólo las admiraban:

[...] tanto franceses como belgas se han embarcado hacia Sud América para procurar abastecerse de estos pájaros, y comerciantes en esos países han establecido operaciones en algunas ciudades para este propósito. Sólo de Santa Fé de Bogotá miles de especímenes (*skins*) se envían anualmente a Londres y a París y se venden como ornamentos para salas así también para la investigación científica. Los indios han perfeccionado el arte de embalsamarlos [...] y atraviesan grandes distancias para procurarse especímenes. De la misma manera residentes en Brasil usan a sus esclavos para recolectar, matar y embalsamar especímenes que nos envían desde Río de Janeiro, Bahía y Pernambuco. También proveen a los enclaus-trados en conventos de muchas y coloridas especies para manufacturar flores de plumas artificiales [...]

El propio Gould despachó a agentes hacia las Antillas y América del Sur para que recolectaran especímenes para su colección privada. En 1851 un sólo evento da cuenta de la fascinación que estas avecillas provocaron entre los europeos: promovida por el príncipe Alberto (en ese año Presidente de la Sociedad Zoológica) como “ejemplo insuperable de nuestra grandeza y nuestro reino” para la Exhibición Real en los Jardines de la Sociedad Zoológica se mandó construir un aviario expositor de colibríes disecados que más de ochenta mil personas visitaron maravilladas y que fue inaugurado por la reina Victoria. En sus diarios quedó así registrada su impresión:

[...] después del desayuno fuimos con nuestras tres niñas, Alexandrinas, y los dos Ernestos a los Jardines Zoológicos; vimos leones, tigres y leopardos, muy buenos; pero también una colección (en un salón específicamente construido para ello) de los colibríes disecados pertenecientes a la colección de John Gould. Es la colección más hermosa y más completa jamás vista y es imposible imaginarse siquiera algo más hermoso que estos pequeños colibríes, su gran variedad y la extraordinaria brillantez de sus colores.

Para finales del siglo XIX millones de avecillas ya-cían muertas, muchas embalsamadas para uso ornamental en sombreros o exposición en salones: una



© Anamaria Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.

sola subasta registrada en 1888 da cuenta de la venta de 400,000 aves, 3,000 de ellas colibríes provenientes de Brasil.

En 1849 Charles Darwin recibió de regalo el libro *Monograph of Humming-birds*, cinco tomos de John Gould con ilustraciones coloridas —edición más lujosa imposible— de chupamirtos con plumajes extravagantes en azul eléctrico o verde esmeralda. Para realzar el tornasolado o las cualidades iridiscentes del plumaje, Gould puso a sus dibujantes (William Hart principalmente) a combinar aceites transparentes y barniz que aplicaron sobre hojas de oro para rendir la brillantez del plumaje del colibrí americano.³ La edición deslumbró al mundo entero pero particularmente a Darwin que le agradeció a Gould de la siguiente manera:

Me siento en extremo agradecido por el regalo de los *Trochilidae*, que he leído palabra por palabra (excepto los sinónimos) desde su placentera Introducción hasta la última página. Con certeza hace un gran uso de las distribuciones locales; y de igual manera de la adaptación diversificada. Estuve particularmente contento cuando leí una frase que alguna vez utilizaré; sobre el tema de la cercanía de las especies en el género veo que usted alude al cruce de pájaros en la naturaleza. Yo, en primer lugar, repudio esta noción. Uno, entre diez temas, que fueron de mi mayor interés (que Usted no aprobaría) se refiere al número de “razas” o especies dudosas. Pienso que voy a extraer todos estos casos, debido a que mostrarían a aquellos que son bastante ignorantes de la Historia Natural que la determinación de la especie no es un asunto fácil. Le envío mis congratulaciones por la terminación de su magnífica obra.

John Gould y Charles Darwin se conocieron después que el HMS Beagle había arribado a su puerto final (2 de octubre de 1836) y Darwin hacía tres meses que había entregado la enorme colección de pájaros y mamíferos a la Sociedad Zoológica en Londres para su identificación y clasificación. La identificación y clasificación de los pájaros le fue asignada a quien estaba considerado entonces el mayor conocedor de aves en

la Sociedad, John Gould, el coleccionista de colibríes. Es paradójico que pocos reparan hoy en el hecho de que el joven Charles Darwin carecía de destrezas, experiencia y conocimientos (cuando se embarcó en el HMS Beagle en 1831 tenía 22 años) para realizar la tarea de clasificación de los pájaros que los tripulantes del HMS Beagle habían recolectado durante los casi cinco años de travesía marítima. En 1825 había empezado a estudiar medicina en Edimburgo y de allí, en 1828, se trasladó a la Universidad de Cambridge pero con el firme propósito no de convertirse en naturalista sino en clérigo. Fue en Cambridge, sin embargo, donde conoció a los naturalistas más destacados de Inglaterra, entre ellos a John Henslow; y fue precisamente la recomendación de Henslow la que le incorporó en calidad de acompañante no oficial del capitán FitzRoy de el HMS Beagle pero solo después de que otros cuatro candidatos mejor calificados rechazaron embarcarse. Todos los especímenes de aves y mamíferos que la tripulación del HMS Beagle procedió a capturar, matar, despellejar y disecar en la travesía marítima se enviaron regularmente a John Henslow, Profesor de Botánica de St. John's College en Cambridge; y fue Henslow el que alertó a los científicos sobre estos novedosos especímenes. Cuando Darwin arribó a Inglaterra ya le esperaba una reputación de naturalista ganada más por el entusiasmo de Henslow con los especímenes novedosos recolectados que por los méritos y calificaciones científicas de Darwin. En la mitad de la travesía marítima Darwin todavía soñaba con una posición como clérigo rural: “A menudo hago conjeturas de lo que sucederá conmigo; mis deseos con certeza me convertirían en un ministro religioso”, escribió a un amigo.⁴

La captura de especímenes de aves y mamíferos que realizó Darwin con toda la tripulación del HMS Beagle también evidenció su escasa visión y destreza para clasificar las abundantes y novedosas aves que mataron en esos años. En las islas de los Galápagos, donde concluían los casi cinco años de travesías, Darwin admitió que añoraba regresar a su hogar y pisar tierra firme: en alta mar sufrió horribles mareos. Durante las cinco semanas que el HMS Beagle fondeó en Galápagos, Darwin tuvo que motivarse para cumplir con sus obligaciones en la captura y recolección aves.

Sus relaciones con el capitán FitzRoy, además, se habían tornado rípidas y en una discusión con el capitán sobre los pinzones Darwin se mostró descuidado y errático en la recolección de aquellos ejemplares que le serían particularmente importantes para cerrar lagunas y aportar pruebas al momento de redactar y fundamentar sus teorías sobre la evolución de las especies, años después.⁵

Pero John Gould, de la Sociedad Zoológica de Londres, era de otra estirpe. Toda su vida vivió obsesionado y dedicado a las aves. Es decir, con las aves que mataba, disecaba y embalsamaba. Y fue John Gould quien reconoció finalmente las once especies nuevas de aves entre los especímenes que Darwin entregó a la Sociedad Zoológica de Londres y destacó, además, que entre los pinzones que Darwin creyó simples variedades o mal clasificó como reyezuelos o cerrojillos había especies endémicas y desconocidas en otras geografías. Darwin había hecho un trabajo descuidado, además, en la recolección de esas aves porque no registró el lugar donde fueron cazados: él no había visto las diferencias morfológicas que Gould identificó inmediatamente y por esa razón no hizo anotaciones sobre su distribución geográfica. El 28 de febrero de 1837 Gould dio la noticia, de que los “sinsontes” o “pájaros burlones” de la colección de Darwin eran tan distintos entre sí que fue necesario asignarlos a diferentes especies. Una vez que Gould publicó esta información, en 1837, Darwin se mudó a Londres para asistir a Gould y otros naturalistas de la Sociedad Zoológica, con información y recuerdos, rellenando lagunas, para la clasificación científica de los especímenes. Inició entonces la carrera del Darwin dedicado al naturalismo. Sus crecientes sospechas primero, y después la teoría sobre la evolución de las especies tienen una gran deuda —que él mismo reconoce profusamente en sus escritos— con los ornitólogos, naturalistas, geólogos y otros científicos de la Sociedad Zoológica de Londres y particularmente con John Gould.⁶

Gould logró nombrar y clasificar veinticinco de las veintiséis aves terrestres que Darwin trajo de Galápagos como especies endémicas y nuevas; y tres de las aves acuáticas como exclusivas de Galápagos. En la correspondencia de Darwin (albergada en la Universidad de Cambridge) así como en la primera publicación

de *Origen de las especies por medio de la selección natural, o la conservación de las razas favorecidas en su lucha por la vida*, de 1859, Darwin apuntó y desarrolló su teoría sobre la evolución de comportamientos convergentes basándose en el profundo conocimiento ornitológico de Gould. Sin embargo, Gould no buscó créditos ni quiso publicitar su participación en las teorías y publicaciones de Darwin. Tampoco buscó capitalizar su propia travesía a Australia sobre el prestigio del viaje marítimo de Darwin; quizás porque Gould ya se embarcaba en su viaje hacia Australia para recolectar aves con sus propios fondos; quizás porque las controversias en torno a Darwin hubieran dañado su negocio editorial como divulgador e ilustrador de aves con una amplia red de suscriptores en Europa y el continente americano. John Gould, el mayor conocedor y coleccionista de especies ornitológicas en el siglo XIX, además, no era ornitólogo. Gould no tenía formación académica ni científica; y a pesar de ser el editor y autor de los libros con las ilustraciones más completas, deslumbrantes y exactas de aves de Europa, América y Australia, tampoco fue un buen dibujante. Gould fue en realidad un empresario de aves que también contribuyó a la ciencia de la ornitología y a la teoría de la evolución de las especies de Darwin. Se inició como jardinero. El oficio lo heredó del padre mientras crecía en medio de una familia pobre y casi sin educación formal. Su padre, uno entre diez hermanos, fue originario de Somerset; y su madre Elizabeth fue de Dorset, donde el 14 de septiembre de 1804 nació John. Cuando su padre recibió el nombramiento de jardinero en el Castillo de Windsor, John tenía 14 años. Los jardineros en ese tiempo se entrenaban también en el arte de



© Anamaría Ashwell, de la serie *Tristes trópicos* (detalle), 2009.



© Anamaria Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.



© Anamaria Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.



© Anamaría Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.

la taxidermia. John, al parecer, nunca sintió afinidad ni particular habilidad por la botánica, menos la jardinería; pero cazar y disecar mamíferos —especialmente aves— para las colecciones de sus patrones fue un oficio en el cual destacó natural e inmediatamente. En el año 1824 dejó los jardines y se trasladó a Londres para abrir un negocio de taxidermia y se llevó comisiones que desde Windsor le entregó el Rey Jorge IV, ávido y fanático coleccionista de especímenes zoológicos. Gould se especializó con el tiempo en disecar pájaros y a los 23 años, mediante concurso, ganó el puesto de taxidermista en la Sociedad Zoológica de Londres. Gould se incorporó a la Sociedad Zoológica cuando la fotografía aún no formaba parte del instrumental científico y la taxidermia era esencial para la investigación de los naturalistas: los animales disecados abrieron la posibilidad de coleccionar especímenes que se podían manipular y observar en el laboratorio. El arte de taxidermista de John Gould —arte que residía en preservar aves muertas pero aparentando vida— impulsó el avance de la ciencia ornitológica en Inglaterra como ningún otro acontecimiento. Es importante anotar también que Gould fue más que un excepcional taxidermista (estuvo entre los primeros en sustituir el arsénico por la sulfa y trementina como preservadores; dos urracas que

él mató y disecó en 1818 todavía están en exhibición en el Museo Británico de Londres): era poseedor de una extraña energía, disposición y habilidad para la observación minuciosa de las aves. Esto le llevó, obsesivamente, a perseguir, coleccionar, comerciar, incluso capturar personalmente especímenes hasta en los territorios más inhóspitos y aún no explorados del continente australiano. De cazar y disecar pájaros para la Sociedad Zoológica de Londres, John pasó a convertirse en un empresario, editor e ilustrador de libros sobre pájaros y llegó a poseer la mayor colección de colibríes americanos disecados: 5,378 en total y 7,017 de otras especies (que su familia, después de su muerte vendió al Museo Británico).

Al morir Gould pidió que su epitafio dijera: “Aquí yace John Gould: El Hombre Pájaro”. Había hecho su fama y fortuna de los pájaros, vivió matándolos y disecándolos con maestría toda su vida, y quizás sintió que honraba así a las aves identificándolas con su propia humanidad.⁷

Aldo Leopold (1887-1948), ecologista y cantor de la vida silvestre, decía que hay hombres que pueden vivir sin seres silvestres y otros que no. Se definió a sí mismo como uno que no puede vivir en un mundo sin aquellas cosas silvestres que ni notamos hasta que el progreso los empieza a desaparecer. Cuestionó los niveles superiores de vida que los hombres habían logrado con el advenimiento del siglo XX y razonó sobre el costo que ese progreso significó para todo aquello que alguna vez fue libre.⁸

Charles Darwin y John Gould, con toda su revolucionaria contribución al pensamiento y a la ciencia del hombre y los seres vivos eran de esos hombres que podían vivir sin lo silvestre. No fueron personas que se conmovieron con los pájaros vivos ni cuestionaron, por ejemplo, —como Len Howard quien vivió rodeada y observando a los pájaros silvestres que compartieron casa y mesa con ella—,⁹ sobre la espiritualidad de su música: cuando se encontraron a los pájaros ocupados y distraídos en el canto fue para ellos el mejor momento para atraparlos con facilidad. Descartaron también, quizás, cientos o miles de especímenes mal capturados cuyas pieles y plumas quedaban dañados, sin reparar en que eran seres vivos o que dejaban nidos empollando abandonados. Gould, el insupe-

rable observador y conocedor de aves carecía de toda habilidad para identificar siquiera los cantos de las aves. Darwin en sus escritos desde el HMS Beagle anotó bellísimas descripciones del paisaje, se asombró de los nativos y sus costumbres, recaló en los vientos pero no dejó constancia del manoseo de los cadáveres de mamíferos sangrientos, sufrientes que él y la tripulación fueron despellejando a bordo. Menos del canto apagado de las sufrientes aves. En algún momento, casi al final de su vida, Gould sintió reparos por el impacto que el hombre estaba teniendo sobre las aves silvestres, pero nunca se detuvo en darles muerte, ni en pillar, secuestrar y comerciar con sus nidos y huevos porque su colección siguió acrecentándose hasta los últimos días de su vida. Pocos reparan también en que; en nombre de la ciencia, en el siglo XIX se usaron armas contra avecillas inofensivas y diminutas como los colibríes, incluso contra aves de especies casi extintas.¹⁰ Los instrumentos de esta cacería y recolección, según registro de John Gould antes de embarcarse a la cacería de aves australianas, fueron en primer lugar las armas de fuego con balística de diferentes calibres; instrumentos quirúrgicos para la disección y cajas mortuorias para almacenamiento de especímenes que se acondicionaban con alcanfor y trementina o aguarrás. Una vez que el ave llevaba algunas horas muerta se le abría en canal, cuidando de no estropear las plumas, y se limpiaba el interior con algodón empapado en arsénico enjabonado; después se procedía a lo que se llamó “*skinning*”, es decir a desprender la piel y las plumas de la carnosidad, musculatura, grasa y órganos interiores; y finalmente se colgaba el pájaro *by the bill*, es decir el pico, hasta que quedaba seco. Cazando pájaros con anzuelos en alta mar, rumbo a Australia, Gould comentó de pasada que las aves enganchadas “no sufrían dolor”.

Gould y Darwin vivieron en un tiempo en el cual un arma de fuego era la única manera segura de obtener un espécimen para la ciencia y en nombre de la ciencia se cazaron aves incluso en vías de extinción. En el siglo XIX las aves muertas fueron esenciales para el desarrollo de la teoría de la evolución de las especies de Darwin y Wallace, al mismo tiempo que las aves adquirieron más valor muertas que vivas. Darwin recibió información invaluable sobre disseminación geográ-

fica de caracteres adaptados de especies gracias a la desenfrenada captura y recolección de aves —como los colibríes— en todo el planeta.

El siglo de Charles Darwin y John Gould, el de la teoría de la evolución, había de registrar la mayor, más indiscriminada y destructiva cacería de aves llevadas a cabo directamente por el hombre. El devastador impacto de una cultura obsesionada con dominar lo silvestre, con la conquista y exploración de territorios vírgenes, empezó con el desmantelamiento de la naturaleza y con un rostro predador que se valió de —y fomentó— la cacería de incontables animales, millones de aves silvestres. La teoría de la evolución, el paradigma hipotético con mayor y revolucionario éxito en la verificación experimental, el que mejor explica la existencia de los seres vivos, tuvo también destructivas y mortíferas consecuencias sobre la vida animal.

La teoría de la evolución de la especie habría de trastocar todos los paradigmas del pensamiento en el siglo XIX e impulsó la investigación científica más influyente que se conoce en la historia del saber occidental: promovió la investigación sistemática del registro fósil de los grandes mamíferos; determinó la cercanía morfológica con los “*celacantos*” que hicieron la transición del agua a la vida terrestre; desenterró microfósiles que demostraron ser pruebas visibles del proceso de “especiación” en largos —más de dos millones de años— periodos geológicos; rindió en el conocimiento que hoy tenemos de la distribución de animales y plantas por diversas geografías; impulsó la investigación genética; permitió la teoría del “gen egoísta” en el proceso de adaptación de las especies, mientras que la genética molecular revolucionó nuestros conocimientos sobre genes extintos y ancestrales (los llamados pseudogenes) así como los genes activos que son el legado del largo proceso de la evolución de las especies. Por solo nombrar algunos conocimientos actuales sobre el hombre y la vida en el planeta.¹¹ Sabemos hoy también que las aves, de la clase de los vertebrados, subdivididas en categorías taxonómicas, es un grupo “*monofilético*”, es decir, sus miembros evolucionaron de un único ancestro común que vivió en el Mesozoico temprano, hace más de 150 millones de años.



© Anamaria Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.

Un fósil de una ave llamada *Archaeopteryx*, del Jurásico Superior, tenía una forma reptil y era una suerte de dinosaurio con plumas.

Pero el planeta y los animales, atormentados y perseguidos por la arrogancia interrogativa de los evolucionistas, también dieron cuenta de nuestra humanidad perdida: el hombre, cuando más conocimientos adquirió sobre sus orígenes biológicos ligados al origen de todos los demás seres vivos en el planeta, más se apartó de una habitación ética con los otros animales y la naturaleza. Con la explicación científica de la presencia humana en una larga historia evolutiva se había—como explican algunos filósofos—¹² distorsionado esencialmente no sólo el lugar del hombre en la naturaleza sino los derechos que éste se adjudicó sobre el otro mundo animal.

La pregunta por los pájaros —persiste y se acrecienta el exterminio de la biodiversidad y aumenta la tortura y el mal trato de los animales, también en nombre de la ciencia— apunta a una evolución en la cual la humanidad del hombre está oculta.

NOTAS

¹ De la familia *Trochilidae* o *Trochiliformes*. Austin, O., *Families of Birds*. Golden Press; New York, nombra 319 especies clasificadas. R. Tory Peterson y E. Chalif, *Aves de México*. Ed. Diana, nombra 320 especies clasificadas (50 endémicas a México y 4 a Guatemala).

² *Hummingbird*, pájaro zumbador, la palabra en inglés también hace alusión a su canturreo. “El Colibrí: la avecita que parece morir y revive” de Miguel León Portilla en *Animales del Nuevo Mundo*, Nostra Ed. 2007. La bibliografía es extensa pero se puede comenzar en www.hummingbird-world.com. Cuando la imaginación echa vuelo en la defensa del medio ambiente también ha venido impulsada por el ejemplo del colibrí: ver por ejemplo, Michael Nicoll Yahgulanaas, *El Vuelo del Colibrí*. Ed. Océano, 2008.

³ En 1919 William Lloyd Bailly Jr, sin embargo, publicó en las actas de la Sociedad Ornitológica del Valle de Delaware que su padre fue el inventor de esta técnica y que la había compartido con Gould. Gould editó y vendió sus dibujos sin otorgarle créditos que se reservó sólo para sí mismo.

La información que a continuación cito sobre John Gould proviene de Isabella Tree, *The Bird Man: The Extraordinary Story of John Gould*. Ebury Press. Great Britain. 1991. Ver también, Merry, Lyn, *The Romance of Victorian Natural History*, Oxford University Press, 1989.

⁴ “Diario de las investigaciones sobre la Geología e Historia Natural de los varios países visitados por el HMS Beagle” fue publicado en 1839. Ediciones posteriores sólo conservaron el título: *The voyage of the Beagle* (La Travesía del Beagle). La edición original en inglés de los escritos de Charles Darwin puede consultarse en: <http://www.literature.org/authors/darwin-charles/the-origin-of-species/>.

⁵ Por ejemplo, en Galápagos el capitán FitzRoy dio noticia de unas aves negras que habitaban las islas y que tenían la apariencia de

“pinzones” o “picogordos”. Apuntó también que una variedad de estas aves tenía picos particularmente adaptados a la isla para obtener alimentos. El “pinzón” que se alimentaba de cactáceas podía introducir su largo pico en las flores sin peligrar por las espinas; otras tenían picos adaptados para manipular ramas y cortezas que les permitían alimentarse de insectos escondidos en los troncos de árboles. FitzRoy inmediatamente reconoció una nueva especie y dedujo que estos pinzones no habían evolucionado a lo largo de los años para adaptarse a su medio sino que Dios las creó con ese diseño perfecto y necesario para sobrevivir en el lugar en el que Él las había colocado.

El capitán FitzRoy razonó así aceptando el cálculo de 4,004 años desde el inicio de la creación y el nacimiento de Cristo (este cálculo aceptado por el grueso de los naturalistas de ese momento, fue propuesto por el Arzobispo Ussher de la Iglesia Anglicana de Inglaterra a mediados del siglo XVII: afirmaba que la fecha exacta de la creación había ocurrido el 22 de octubre, a las nueve de la mañana en el año 4004 antes del nacimiento de Cristo), tiempo demasiado corto para admitir la evolución natural de una especie como la que él observó en Galápagos. Darwin estimó, sin embargo, que las islas eran mucho más jóvenes geológicamente que el continente, por lo cual éstas y otras aves debieron haberse trasladado a las islas desde el continente. La idea de “adaptación” de las especies era una que los naturalistas aceptaban y explicaban así las variedades al interior de una especie; pero las especies eran creaciones divinas. Darwin razonó que esa extraña adaptación en el “pinzón” ocurrió una vez que esos pájaros se adaptaron al aislamiento en la isla por lo cual él estimó que se trataba no de una especie distinta sino de una simple variedad. Procedió entonces a juntar algunos especímenes pero muy descuidadamente. Otros ejemplos de aves que corroborarían su tesis sobre la transmutación de las especies se le aparecieron en varios otros momentos de la travesía, pero Darwin no siempre se percató de ellas. Por ejemplo, en la Patagonia los miembros de la tripulación mataron una rara ave tipo avestruz que procedieron a cocinar y comer; en la mitad del banquete Darwin estimó que podía tener alguna importancia científica y que debía preservarse para su estudio en Londres. Salvó sólo la cabeza, el cuello, las piernas y las alas, según lo cuenta en *The voyage of the Beagle* (El viaje del Beagle), pero fue John Gould de la Sociedad Zoológica en Londres quien reconoció su importancia y logró reconstruirla posteriormente. Esa avestruz resultó ser una pieza clave en la teoría sobre la evolución de las especies de Darwin. Ver también John Gould: *The Bird Man*, *ibid.* tomado de Sulloway, Frank “*Darwin's Conversion: The Beagle Voyage and its Aftermath*” en la *Enciclopedia de Historia y Biología*, Londres, 15 volúmenes, 1982.

⁶ John Gould. *The Bird Man*. *Ibid.*, pp. 55.

⁷ Isabella Tree. *Ibid.*

⁸ Aldo Leopold, *A Sand County Almanac: and sketches here and there*. Oxford University Press, 1949.

⁹ L. Howard, *Los pájaros y su individualidad*. Breviarios FCE. 1952.

¹⁰ *Extinct and Endangered Animals: Swift as a Shadow*. Photographs by Rosamond Purcell. New York, 1999.

¹¹ Jerry Coyne, *Why Evolution is True*, Oxford University Press, 2008.

¹² Ver George Steiner, *The Real Presences*. Chicago University Press, 1989, pp. 70-72. F. Nietzsche “El proceso orgánico” y “Contra el Darwinismo” en *La voluntad de poderío*. Edaf, 1980, pp. 344-351.

Anamaría Ashwell. email: aashwell@gmail.com



© Anamaria Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.

Algunas ideas acerca de la ORIENTACIÓN a distancia en los ANIMALES

Ernst
Baumgardt

La orientación a distancia es la conducta (del hombre y de los animales) que consiste en dirigirse hacia una meta suficientemente alejada, como para no poder ser directamente percibida por el individuo que trata de alcanzarla.

En estos términos, se define una facultad observada en los invertebrados desde los moluscos en adelante, y en todos los vertebrados. Este tipo de orientación se suma a otros, tales como la orientación del cuerpo con respecto a la vertical, la orientación de las diversas partes del cuerpo entre sí, la orientación con respecto a los objetos próximos, es decir, percibidos directamente por los sentidos (localización visual, auditiva, etcétera). Sin embargo, la orientación a distancia se distingue fundamentalmente de cualquier otro tipo de orientación. En efecto, debido a que presenta un carácter complejo se encuentra a menudo la tendencia a explicar por un “instinto” un comportamiento en realidad inexplicable, olvidando frecuentemente precisar si se desea referirse a un impulso natural o a una acción instintiva, es decir un comportamiento innato.

Puntualicemos lo anterior con ayuda de un ejemplo: las aves migratorias (golondrinas) que viajan desde las costas del Báltico hasta el corazón del África, obedecen a un impulso natural, a una necesidad que las impulsa a la acción.

Hay motivo para pensar que estas bandadas de pájaros son guiadas por los mejor dotados de entre ellos, pero ya que la duración de la vida de un individuo de estas especies alcanza sólo pocos años, no se puede admitir que todos los medios de acción hayan sido adquiridos en el curso de la experiencia individual. Por lo tanto es necesario creer que además de la memoria topográfica de existencia innegable hay de igual modo factores innatos que determinan el comportamiento de estos animales.

En cambio, no puede hacerse tal razonamiento en el caso de la paloma mensajera, pues su palomar no es necesariamente el de sus antepasados, y solamente aprende a ubicarlo desde muy lejos. En este caso, la orientación a distancia obedece enteramente a un impulso natural, pero los medios de acción empleados no tienen nada de comportamiento innato.

Estudiaremos aquí los medios empleados en su orientación a distancia por diferentes tipos de animales, a riesgo de limitarnos frecuentemente a hipótesis, o aún de reconocer la ausencia de toda hipótesis razonable, si actualmente no conocemos el determinismo de tales comportamientos.

La orientación a distancia vuelve a encontrarse en el retorno al nido y en la migración. En el primer caso el objeto buscado es necesariamente conocido por el individuo que se orienta; en el segundo puede serle desconocido (el ave migratoria que realiza el viaje por primera vez en su vida). Reconozcamos que la diferencia no es fundamental, pues los animales migratorios viajan en bandadas; siempre hay animales más viejos que conocen la meta. Sin embargo, es útil mantener la clasificación, ya que los medios de orientación empleados en los dos casos a menudo difieren sensiblemente. El camino que conduce al destino, conocido o desconocido, puede estar jalonado o no, de puntos de referencia perceptibles.

Antes de tratar algunos casos tipos de orientación a distancia, enumeremos las hipótesis adelantadas para explicarla. Su multiplicidad no se debe solamente a la falta de certezas, sino también al hecho de que los medios de acción varían según el modo de locomoción del animal (vuelo, marcha, natación). Por otra

parte, las hipótesis están en función de las facultades mentales que los diferentes investigadores adjudican a la especie considerada. He aquí una lista (abreviada) de ellas:

- 1) Puntos de referencia, memoria topográfica.
- 2) Dirección del Sol, polarización de la luz.
- 3) Percepción de corrientes atmosféricas y vientos.
- 4) Registro de los rodeos: memoria kinestésica.
- 5) Atracciones de naturaleza refleja, tropismos.
- 6) Memoria topográfica hereditaria.
- 7) Fenómenos complejos que se apoyan en la inteligencia.
- 8) Sentido magnético o electromagnético.

No hay duda de que los mecanismos citados de 1 a 5 funcionan realmente: las pruebas de ello son abundantes. Las hipótesis 6, 7 y 8 son de naturaleza especulativa.

EL RETORNO AL NIDO

1. MOLUSCOS. Las lapas son moluscos, que viven sobre peñascos en los cuales están prácticamente incrustadas. Pero a veces abandonan su morada para ir a alimentarse de algas en las inmediaciones, y se ha observado que toman el mismo camino tanto para ir como para volver. Cuando se borra la pista, no se observa ninguna modificación del recorrido, pero cuando se modifica el relieve del peñasco, el animal no vuelve a encontrar ya el camino anteriormente recorrido. Se han interpretado estos datos como debidos a una memoria topográfica de naturaleza muscular y táctil.

Pero cuando se hace girar 180° el guijarro sobre el cual una lapa está desplazándose, ésta da media vuelta, bajo la influencia de la luz. De la misma manera, el animal que está descendiendo por un guijarro da media vuelta cuando se invierte este último en 180°, con el objeto de conservar su movimiento de descenso, guiado por sus órganos estatocísticos que le revelan la dirección de la atracción gravitatoria. Se concluye de esto que en el caso de la lapa deben considerarse por lo menos tres de las hipótesis enumeradas: 1, 2 y 4.

2. INSECTOS. Entre los insectos, las hormigas y las abejas han sido particularmente estudiadas en lo que respecta a sus métodos de orientación a distancia. Al presentar los resultados de las investigaciones rea-

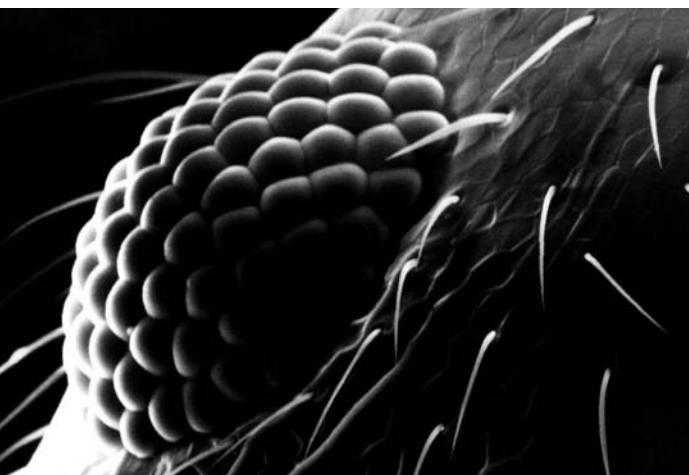


FIGURA 1. Microscopía electrónica del ojo de una hormiga.

lizadas en varias especies de hormigas, no tenemos ninguna pretensión de generalizar. “Entre dos especies de hormigas –ha dicho Forel–¹ puede haber tanta diferencia como entre un ratón y un tigre”. Con mayor razón, no se podría asimilar a la hormiga todo insecto que camina.

Una hormiga exploradora no dispone de pista: cuando abandona su hormiguero en busca de alimento, su trayecto sigue siendo aproximadamente rectilíneo, a pesar de numerosas sinuosidades; pero su camino de regreso se efectúa decididamente en línea recta. Ya que el camino de ida no coincide con el de regreso, y que éste corta a menudo los recodos del primero, debe descartarse la hipótesis de las huellas olorosas.

Un experimento demuestra que la dirección del Sol seguramente guía al animal en su camino de regreso. Este experimento consiste en mover la hormiga lateralmente: al soltarla, se le ve tomar una dirección paralela a la que seguía anteriormente, aunque esta dirección ya no la conduzca al nido. Parece, por lo tanto, que la dirección del Sol determina el comportamiento del insecto. Para probarlo, se le encierra durante algunas horas en el medio de la pista, en una pequeña caja oscura, luego se vuelve a soltar. El animal sigue una nueva dirección que forma, con su dirección primitiva, un ángulo igual al de rotación del Sol durante el tiempo de cautiverio.²

Se deduce de esto que el animal marcha de manera que la imagen del Sol dé siempre sobre el mismo lugar de su ojo. Esto es posible merced a la estructura particular del ojo de los artrópodos (Figura 1), de los cuales los insectos forman un subgrupo sumamente numero-

so e importante. Este ojo es facetado, correspondiendo a un número igual o casi igual de ojos parciales independientes (ommatidios). Es, pues, posible, obtener una excitación local por medio de un rayo de Sol.

El regreso se efectuaría gracias a la intervención de conexiones precisas entre dos ommatidios que forman un ángulo de 180° , y situados cada uno de ellos en otro ojo (ommatidios cruzados a 180°). La reacción descrita es llamada del “compás luminoso”.

Es lícito preguntarse qué sucede en tiempo nublado o en la oscuridad. En este caso las hormigas se orientan tan bien como a pleno sol, pero esto podría explicarse por la luz polarizada. Se puede observar que hay un amplio campo de discusión; ya volveremos sobre este problema un poco más adelante.

Es interesante oponer a la marcha en línea recta (orientación a distancia) el comportamiento de la hormiga que llega junto a la abertura de entrada de su hormiguero. Comienza a vacilar, tantear y dar vueltas. Así pues, se produce exactamente el mismo fenómeno cuando ha recorrido un trayecto de longitud aproximadamente igual al trayecto de ida, después de haber sido movida lateralmente (Figura 2).

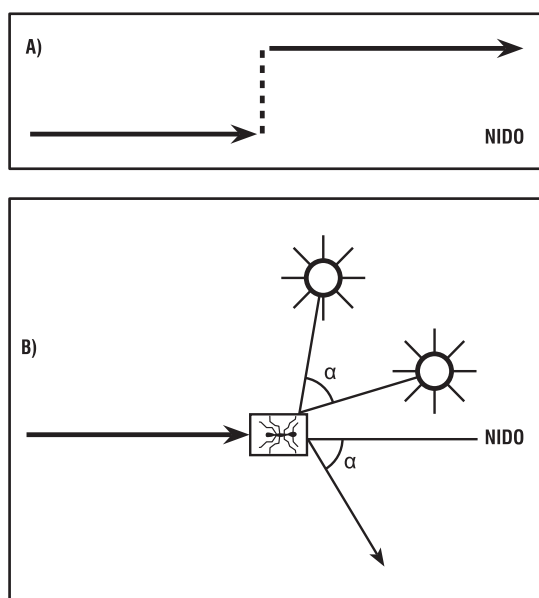


FIGURA 2. **A.** Experimento Piéron-Cornetz.³ Cuando la hormiga retorna al nido es trasladada perpendicularmente a la dirección de su marcha. Cuando se suelta, prosigue su camino siguiendo su dirección inicial; **B.** Experimento Brun. Cuando la hormiga regresa al nido es encerrada en una caja opaca. Liberada después de algunas horas (durante las cuales el Sol se ha desplazado α°), prosigue un camino que forma, con la dirección original de la hormiga, un ángulo de α° .

En este caso, no se puede admitir la existencia de huellas olorosas entrecruzadas, como sería posible en el caso del regreso a la entrada del hormiguero. Este comportamiento prueba, por lo menos, que la hormiga no conserva una memoria clara del lugar que debería serle más conocido que ningún otro; su conducta demuestra también que los medios empleados en la orientación en distancias pequeñas pueden ser diferentes de los que el animal utiliza para su orientación a grandes distancias.

No discutiremos el problema de la orientación a distancia de la hormiga en una pista. Bástenos comprobar que las hormigas producen señales olfativas, apoyando a intervalos, su abdomen contra el suelo. Por este solo hecho, la orientación se hace mucho menos difícil que para la hormiga exploradora.

Vayamos a los insectos voladores. La orientación de la abeja y de la avispa ha sido bien estudiada: la diferencia esencial entre los medios de acción de los insectos laminadores está constituida por la ausencia de estímulos aéreos olfativos utilizables. Por el contrario, las abejas pueden producir intencionalmente señales olfativas en puntos elegidos por ellas, en los que hacen segregar cierta glándula.

No cabe duda de que la abeja se orienta con ayuda de señales externas, y muy numerosas observaciones indican que es su sentido visual el que las guía. Cuando se sueltan abejas libadoras a cierta distancia de su colmena (donde se las ha alejado en caja cerrada), regresan tanto menos abejas cuanto mayor es la distancia, más de la mitad de las abejas vuelven a encontrar la colmena entre dos y seis kilómetros de distancia. Pero una abeja que jamás ha abandonado su colmena no la vuelve a encontrar ni aun a distancias muy pequeñas.

Es verdad que el vuelo de reconocimiento que emprenden las abejas, avispas y abejorros antes de abandonar su nido, en múltiples rodeos, con la cabeza vuelta hacia el lugar que abandonan, sirve de algo en su facultad de volver a encontrar la colmena posteriormente. Esto explica probablemente la incapacidad total de las abejas jóvenes para orientarse aun cuando se hallen muy cerca del nido.

Cuando se modifica el medio del nido, el insecto lo vuelve a encontrar solamente luego de algunos

tanteos: es suficiente trasladar una colmena, para demostrar que las abejas vuelven al lugar del espacio en que se encontraba anteriormente el acceso a la colmena. Parecen, entonces, orientarse según un conjunto de señales de las cuales han tomado conocimiento antes del vuelo.

¿Cómo puede la abeja, lejos de su colmena, encontrar la dirección a seguir para retornar a ella? Es éste un hecho ampliamente conocido y registrado: la línea recta que sigue el insecto para volver a la colmena recibe el nombre de "línea de abeja" y sirve en la práctica para encontrar la ubicación de colmenas salvajes. Es notable la precisión de esta orientación a distancia: puede alcanzar 40'. De tal modo, está dentro del orden de tamaño del diámetro de un omatidio de abeja (1°), y esto además constituye otra razón para pensar que es principalmente su sentido visual lo que guía a estos animales.

Pero ¿cómo explicar los frecuentes aciertos a varios kilómetros de distancia? Destaquemos al respecto que, por ejemplo, abejas soltadas a seis kilómetros tierra adentro, vuelven a encontrar, en su mayoría, su colmena situada a la orilla del lago de Ginebra, mientras que todas se pierden cuando se las suelta a tres kilómetros de su colmena, después de haberlas transportado en barco al medio del lago.

3. LA DANZA DE LAS ABEJAS. Investigaciones realizadas hace ya más de cincuenta años por Karl R. Von Frisch⁴ (1949) aportaron aclaraciones particularmente preciosas con respecto a la orientación a distancia de las abejas. Este excelente autor ha descrito las danzas de la abeja, que, al regresar de un vuelo de exploración fructífero, parece anunciar de este modo la buena nueva a sus congéneres. Pero, además, Von Frisch ha podido probar que el alimento recientemente descubierto es visitado inmediatamente por numerosas abejas entre las cuales no se descubre la exploradora. Estas danzas revelan, pues, un carácter realmente informativo.

Se ve (Figura 3) que una parte del recorrido que toma la forma de un 8 es acompañada de una agitación del insecto. Es ése el tipo de danza que ejecuta la libadora cuando el alimento que ha descubierto está situado a más de cincuenta metros de la colmena. La dirección de la parte rectilínea de su danza está orien-

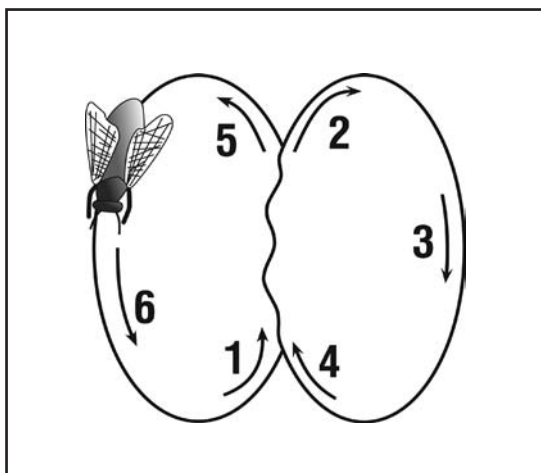


FIGURA 3. La danza agitada de la abeja libadora. Ver la explicación en el texto.

tada con respecto a la vertical, como lo está la dirección colmena-fuente de alimento con respecto al Sol. De este modo, cuando la fuente se encuentra entre la colmena y el Sol, el 8 está acostado, como lo muestra la figura, y la parte rectilínea de la danza es ejecutada con la cabeza hacia lo alto. Cuando hay un ángulo α entre la dirección colmena-Sol y la dirección colmena-fuente, el 8 danzado constituye un ángulo α con la vertical. De este modo, la libadora indica a las otras abejas la dirección a tomar y aun la distancia (gracias a la frecuencia de la agitación). Debe destacarse que las abejas obreras que acuden, olfatean una glándula abdominal de la danzarina antes de emprender el vuelo; quizá de este modo pueden identificar mejor el lugar reconocido por esta última, cuyo olor está todavía esparcido por el lugar de recolección.

Con el objeto de aclarar el mecanismo sensorial que permite a las abejas esta maravilla de orientación a distancia, Von Frisch coloca horizontalmente el único panal de su colmena de observación. Entonces la libadora ejecuta su danza de manera tal que el recorrido rectilíneo señala directamente la dirección a tomar como lo hace la aguja de una brújula.

Ha logrado observarse con luz roja, invisible para las abejas, lo que sucede en el panal cuando la luz del día no alcanza su interior. En este caso, la danza se torna completamente desorientada. Es necesario que la libadora pueda ver una parte de cielo azul, para poder indicar correctamente a las otras obreras la dirección en que se encuentra el alimento. Ése fue el descubrimiento decisivo: se sabe que la luz del cielo azul está

polarizada en proporción apreciable. Significa que hay una dirección privilegiada según la cual vibra el vector de la radiación electromagnética que llamamos luz, mientras que la luz no polarizada se caracteriza por una distribución al azar de estas direcciones, es decir, por la ausencia de toda dirección privilegiada. Existe un medio muy sencillo para darse cuenta del estado de polarización de una radiación luminosa: basta con mirarla a través de un filtro especial (Polaroid) y hacerlo girar delante de la vista. Si se oscurece totalmente una vez encontrada la posición correcta, la luz en cuestión está 100 % polarizada. Si se oscurece parcialmente, la polarización también es parcial. La córnea de los omatidios de las abejas (probablemente de muchos, cuando no de todos los insectos) es estratificada. Por otra parte, se sabe que la reflexión por medio de un simple vidrio polariza la luz, lo cual resulta muy molesto cuando se mira bajo un cierto ángulo las vidrieras de las tiendas. No hay duda, por lo tanto, de que las abejas pueden reconocer el estado de polarización de la luz del día.

En efecto, Von Frisch logró demostrarlo cubriendo el vidrio de una colmena con una placa de Polaroid. La abeja danzarina comete un error angular correspondiente a la rotación de esta placa y, con ella, las obreras a las que instruye. Podemos luego concluir que la abeja se orienta de acuerdo con el Sol, merced a su capacidad de percibir la dirección de polarización de la luz del día.

La indudable importancia de las facultades visuales no excluye la intervención de otros factores; diversas investigaciones han llevado a la conclusión de que existe igualmente una memoria kinestésica, y que los hábitos motrices desempeñan también un importante papel.

4. LOS VERTEBRADOS INFERIORES. En los vertebrados inferiores (peces, batracios, reptiles), numerosas especies se caracterizan por el regreso al nido. La observación es difícil en lo que respecta a los animales acuáticos, y es por eso que volveremos a tratar de los peces solamente cuando nos refiramos a las migraciones. Sapos, salamandras y tortugas exhiben capacidades limitadas de retorno al nido, sin

que se sepa precisamente a qué mecanismos sensoriales atribuirlos.

5. LAS AVES. Entre las aves terrestres, la paloma mensajera es el tema elegido para el estudio de los mecanismos de orientación a distancia. Como en los insectos, numerosos hechos indican la preponderancia de señales visuales en la orientación de la paloma; sin embargo, es posible invocar observaciones que conducen a conclusiones contradictorias.

No abundaremos en detalles sobre las numerosas pruebas de la existencia de una localización visual. Es bien sabido que las palomas aprenden progresivamente a conocer los alrededores (en el sentido más amplio del término) de su palomar; que andan en línea recta desde el momento en que se encuentran en una región conocida para ellas, aun a centenares de kilómetros de su palomar; que se orientan mejor cuando la visibilidad es buena.

Entre los hechos invocados en contra de una localización visual, se ha hecho que palomas entrenadas en vuelos de 300 kilómetros al norte del palomar, cubran una etapa de 300 kilómetros al Sur, en una región que les es absolutamente desconocida. Se ha observado que vuelven a una velocidad media que va de 60 a 75 kilómetros por hora, es decir, que no se puede invocar tanteos de reconocimiento, que habrían implicado una velocidad media muy inferior.

Las palomas soltadas por la noche se orientan perfectamente bien. Hay divergencia de opiniones sobre si la noche oscura favorece o no su vuelo. Ninguna hipótesis que invoque acciones magnéticas o electromagnéticas ha podido recibir la más mínima confirmación de parte de los hechos de observación. Las fuerzas (mecánicas) de Coriolis debidas a la rotación de la Tierra y que actúan con tanta mayor intensidad sobre un móvil cuanto mayor es su velocidad, tampoco pueden explicar el hecho, observado por Thauziés,⁵ de que los puntos cardinales parecen influir en la dirección del vuelo de las palomas, pues sus variaciones son excesivamente débiles para que el ave pueda percibirlos.

Cuando van al campo, libremente, se las ve dirigirse preferentemente hacia el Este o hacia el Noroeste,

jamás al Oeste. Pero esto no explica la vuelta al nido. Es bien sabido que el olfato allí tampoco desempeña función alguna. Es evidente que la discusión está lejos de estar terminada.

Las aves marinas han proporcionado una importante contribución al estudio del retorno al nido, gracias a los trabajos pioneros de Watson y Lashley⁶ quienes experimentaron con las golondrinas de mar de las Islas Tortuga, situadas a la entrada del golfo de México, al sur de la península de Florida. Se capturaron pájaros en su nido, se marcaron y soltaron después de haberlos transportado más o menos lejos de su isla. En resumen, puede decirse que los resultados conseguidos son comparables a los obtenidos con las palomas. Como éstas, las golondrinas de mar vuelven a encontrar fácilmente su nido a 200 kilómetros de distancia aproximadamente y más difícilmente cuando se las aleja entre 750 y 1,400 kilómetros. Como el viaje dura siempre bastante tiempo en este caso (tres a diecisiete días), no se excluye la posibilidad de que los sujetos hayan seguido la costa de la tierra firme para volver a una región muy conocida por ellos. La dirección de la luz solar, de mañana y de noche, y las corrientes de vientos regulares han podido facilitar su localización pues, a distancias muy considerables de su nido, estos pájaros parecen poder reconocer detalles del relieve costero, de las islas y de los atolones.

6. MAMÍFEROS. Las observaciones sobre los mamíferos, se reducen generalmente a anécdotas que se refieren a regresos espectaculares de animales domésticos (gatos, perros, caballos). Y, ya que sólo son recordados los casos extraordinarios precisamente porque son raros a falta de toda estadística, no podemos sacar ninguna conclusión válida. Citemos sin embargo a Herrick,⁷ quien transportó una gata anestesiada por distintos caminos cada vez, a distancias entre dos y cinco kilómetros de su domicilio, y comprobó que el animal retorna después de ocho a setenta y ocho horas. Esta demora es bastante prolongada y sugiere en favor de un tanteo, pero la observación del animal, después de soltarlo, indica una tendencia a la orientación inmediata en la dirección correcta.

Si se tomaron realmente todas las precauciones necesarias en esta serie de experimentos, debe inferir-

se que aparentemente existe en el gato un mecanismo de orientación todavía desconocido.

MIGRACIONES PERIÓDICAS

Las migraciones periódicas de ciertas especies de peces y de aves han llamado la atención, desde hace mucho tiempo, tanto a científicos como, por supuesto, a cazadores y pescadores.

1. PECES. Las anguilas abandonan los cursos de agua de Europa antes de alcanzar su madurez sexual, y se hacen a la mar. Viajan hacia el mar de los Sargazos, que es abandonado por los peces recién nacidos que marchan en procura de las costas de Europa, cuyos ríos, riachos y pequeños cursos de agua remontan.

La migración de los salmones de América se produce en sentido inverso y presenta un carácter asombroso. Estos peces descienden hacia el océano para pasar allí su juventud, y remontan los ríos al aproximarse su madurez sexual. Especímenes que ya habían sido anillados lo fueron por segunda vez, pescados lejos de su origen, y se han podido probar numerosos retornos al lugar de su nacimiento.

Es posible que algunas transformaciones de orden fisiológico creen en ciertos peces (salmones, anguilas y otros) excitaciones que los impulsan a buscar aguas más o menos saladas, más o menos ricas en oxígeno, más o menos protegidas de la acción de la luz (de donde proviene, quizá, la búsqueda de las profundidades abisales). Sin embargo, es difícil concebir que estos peces, viajando en cardúmenes y, prácticamente en línea recta, puedan descubrir diferencias en concentración de sal, oxígeno, etcétera, entre su cabeza y su cola, pues estas diferencias no pueden sobrepasar una fracción del orden de diez-cinco, lo que equivaldría a 1,000 veces la sensibilidad diferencial observada en la visión y en la audición, sentidos particularmente agudos. Pero todo eso no llega a explicar cómo el salmón adulto vuelve a encontrar el río en que ha nacido.

Parece posible que la memoria intervenga en la migración de los salmones, aunque realicen su viaje una sola vez: ida y vuelta. Pero esta interpretación resulta muy atrevida, dado el tiempo que transcurre

entre la ida y el regreso (varios años) y la mediocridad de las capacidades mentales del pez, cuyo cerebro es escasamente desarrollado y casi no puede aplicarse más que a tareas automáticas o semiautomáticas. Creemos que la fisiología del salmón varía levemente según el río en que ha nacido, de manera que, merced a mecanismos de naturaleza refleja, sus necesidades y sus tendencias individuales hacen más probable que retorne al lugar de nacimiento en lugar de remontar otro afluente del mismo río. Por otra parte, no debe asombrarnos que el salmón adulto remonte el mismo río por el que descendió la morralla: en efecto, los ríos en cuestión drenan enormes masas de agua dulce hacia el océano, de manera que su influencia se hace sentir aún muy lejos de la costa. Parece posible que, en estas circunstancias, sólo por la búsqueda de condiciones apropiadas a su madurez sexual, el salmón adulto vuelve a encontrar las aguas del río de origen, tanto más cuanto que sube en ese momento a la superficie de las aguas y que el agua dulce de los grandes ríos, más liviana que el agua salada, permanece en la superficie aún muy lejos de la costa, antes de mezclarse completamente con el agua del mar.

2. AVES. Un gran número de especies de aves cambian regularmente de hábitat, dos veces por año: estas migraciones les hacen recorrer miles de kilómetros. Hace ya tiempo (por lo menos desde la época de Buffon,⁷ siglo. XVIII) que se ha verificado que algunas aves anilladas siempre retornan a la misma región y muy a menudo al mismo nido. Debe intervenir necesariamente una memoria topográfica visual. Aunque importantes bandadas reúnan las aves listas para la migración y aunque estas bandadas sean guiadas por individuos experimentados, la precisión de su vuelo es completamente asombrosa.

Es casi seguro que determinada bandada de aves de determinada especie toma rigurosamente el mismo camino todos los años y pasan siempre por los mismos lugares a la misma hora del día. Lo único que cambia es la fecha de partida, función, entre otras, de la temperatura, de la duración efectiva del día y de la abundancia o escasez de alimentos.

¿Cómo explicar este tipo de orientación a distancia? Se sabe que las aves migratorias generalmente bordean las costas, lo que demostraría la importancia de las señales topográficas fijadas en su memoria. Las travesías marinas son acortadas en la medida de lo posible, gracias al empleo de las islas.

El mecanismo de memorización continúa siendo desconocido; por su parte, las travesías marinas presuponen una orientación según la dirección del Sol, teniendo en cuenta la hora del día, en suma, el conocimiento de los puntos cardinales.

Por último, puede decirse que el problema de las migraciones no es esencialmente diferente del relativo al retorno individual al nido (golondrinas de mar y palomas mensajeras). El hecho mismo de que los retornos se efectúen generalmente con grandes retrasos, permite pensar que no sería necesario contar con una facultad especial de orientación, sino más bien con el concurso de varias sensibilidades conocidas (visual y táctil sobre todo) y con una integración cerebral bastante completa, que permita una utilización racional de todos los datos sensoriales recibidos.

Las aves migratorias (estorninos) mantenidas en el interior de grandes jaulas y sentadas sobre perchas que pueden girar alrededor de un eje vertical, echan siempre a volar en una misma dirección, al llegar el momento de la migración otoñal, pero en dirección opuesta, en el momento de la migración primaveral. Está comprobado que la visión del cielo es indispensable a las aves para hallar la dirección acertada de vuelo. En suma, el animal se guía por el Sol. En experimentos en que se reemplazó el Sol por un sol artificial, se encontró que ello no influye en el comportamiento de estas aves. Esta experiencia indica que la polarización de la luz actúa sobre la orientación a distancia de las aves. Se destaca que el ave migratoria tiene en cuenta el movimiento solar para encontrar la dirección exacta, mientras que los insectos capaces de orientación a distancia (hormigas, por ejemplo) no pueden hacerlo. Pero una pregunta evidente es ¿cómo hacen las migradoras que viajan de noche? Como ya se ha dicho: “Nos encontramos aquí frente a problemas sumamente complejos, y de cuya solución no podemos jactarnos”.



© Anamaria Ashwell, de la serie *Tristes trópicos*, 2009.

NOTAS

¹ Auguste-Henri Forel (1848-1931), mirmecólogo, neuroanatomista, psiquiatra y reformador social suizo activo con Magnus Hirschfeld y Havelock Ellis en la *Weltliga für Sexualreform* (que calificó la doctrina racial, *die Eugenik*, como *die Kakogenik*) y fue influyente sobre Cesare Lombroso, Sigmund Freud, Alfred Adler, Wilhelm Stekel y Paolo Mantegazza. Obtuvo notables resultados en sus investigaciones de la estructura del órgano cerebral humano y del ganglio cerebral de las hormigas.

² Brun, R. *Die raumorientierung der ameisen und das orientierungsproblem im Allgemeinen*, Jena.

³ Victor Cornetz (1864-c.1935) and Henri Pieron (1881-1964). Cornetz V., Orientation, direction, *Journal de psychologie*, 15 mai 1929, p. 375. Henri Piéron M., *Le cerveau et la pensée*, 1923.

⁴ Karl R. Von Frisch (1886-1982). Compartió el Premio Nobel en Fisiología y Medicina en 1973 con Konrad Lorenz y Nikolaas Tinbergen, por sus estudios del comportamiento animal. *Die Polarisation des Himmelslichtes als orientierender Faktor bei den Tänzen der Bienen: Experientia* (Basel) 5, 142-148 (1949). (The polarisation of skylight as a means of orientation during the bee's dances.)

⁵ Thauzies, A. L'orientation. *Rev. sci. Paris*, 61: 392-7. (30)-. 1909.

⁶ Watson, J.B. y Lashley, K.S. Homing and related activities of birds and the acquisition of skill in archery. Washington, DC Carnegie Inst. 1915 hardcover Fine condition, dark green boards, gilt lettering, no dj Publication No. 211. Papers from the Department of Marine Biology of the Carnegie Institution of Washington. Volume VII.

⁷ Herrick, Francis H. Homing powers in the cat. *Scientific Monthly*, 14, 525-539, 1922.

⁸ Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788) Naturalista, matemático, biólogo, cosmólogo y escritor francés. Las ideas de Buffon influyeron a las siguientes generaciones de naturalistas incluyendo a Jean-Baptiste Lamarck y Charles Darwin.

El dilema del PRISIONERO: una visión darwinista sobre la MORAL y la ÉTICA

Gerardo
Rojas Piloni

A la luz de la teoría de la evolución por selección natural, surgió el Darwinismo social en un periodo complejo de movimientos sindicalistas, socialistas y anarquistas que llevaron a la discusión sobre la existencia de leyes naturales para justificar la igualdad o el individualismo. Este darwinismo social, renovado en una disciplina científica preocupada únicamente por el saber puro, la sociobiología, pretende explicar en términos ecológicos a las conductas sociales como estrategias evolutivamente estables. Los avances científicos obligan a renovar las preocupaciones humanas acumuladas ante los conocimientos; es así que la preocupación por la naturaleza humana es inherente, pero también es inherente considerar a la humana como una especie de excepción. Esto ha planteado la cuestión de si características tan particulares del ser humano, como el sentido moral y la ética son una dimensión más de nuestro bagaje biológico y por lo tanto, son el resultado de la evolución biológica, o simplemente de una tradición cultural.

La selección natural —la reproducción diferencial de los individuos genéticamente distintos— adopta las modificaciones beneficiosas y rechaza las perjudiciales. Dichas modificaciones (beneficiosas y perjudiciales) aparecen de manera aleatoria por diversos mecanismos genéticos, como son las mutaciones. Así, todo el proceso de evolución por selección natural es un mecanismo creador que sin embargo es ciego, dado el innatismo genético con el que se origina la variabilidad de las características en las poblaciones de individuos. Justamente, es a través de este proceso por el cual existe y ha existido toda la diversidad de especies en la Tierra y gracias a la cual, para deleite de nosotros, han surgido esos diseños fantásticos que nos hacen maravillarnos de la vida.

Hace ya ciento cincuenta años que Charles Darwin publicó su libro *El origen de las especies* en donde desarrolló la teoría de la evolución por selección natural. Desde entonces, este paradigma de la biología se ha ido refinando de forma progresiva gracias al desarrollo paralelo de otro paradigma de la biología contemporánea, la teoría de la herencia. Es así que en la actualidad se ha disipado toda la controversia que esta teoría causó cuando se originó y ahora existen innumerables evidencias científicas que la apoyan. Sin embargo, este paradigma de la biología más que tratar de explicar la diversidad de la vida en la Tierra, lo cual sería suficiente para el campo de las ciencias naturales, ha resultado trascendental para la humanidad pues finalmente nos explica a nosotros mismos, nos resuelve el problema de nuestra propia existencia. De esta manera, Darwin nos capacitó para no tener que recurrir más a las supersticiones que surgen al enfrentarnos a las preguntas fundamentales acerca de ¿quiénes somos? ¿de dónde venimos? y ¿hacia dónde vamos?

No cabe la menor duda de que es el paradigma de la evolución por selección natural el que nos explica el origen de todos los seres vivos. Sin embargo, valdría la pena preguntarnos si la humana constituye una especie de excepción en cuanto al impacto que tienen las leyes naturales que la gobiernan. Dicho cuestionamiento bien podría ser válido dado que so-

mos la única especie que ha planteado una serie de ideas acerca de su propio origen. En este sentido considero que la especie humana sí constituye una especie única. Si bien, en términos puramente biológicos hemos rastreado nuestro origen como especie y trazado un bosquejo evolutivo para la humanidad, la mayoría de las características que hacen excepcional al hombre se resume en una sola palabra: “cultura”. Es a través de la cultura que transmitimos nuestras experiencias y conocimientos y nadie puede negar que sea una característica particular de nuestra especie. Sin embargo, existen algunos ejemplos en ciertas especies de mamíferos e incluso de aves en las que se han desarrollado “dialectos” de comunicación por medio de las vocalizaciones y cantos emitidos, los cuales varían de comunidad en comunidad y a lo largo del tiempo dependiendo de las zonas geográficas habitadas por dichas comunidades.¹ Este tipo de hallazgos nos indica que al menos existe una transmisión de información por medio de un lenguaje también entre ciertos animales, lo cual es análogo a lo que sucede en nuestra especie. A pesar de ello, es indudable que la cultura humana es mucho más compleja. El lenguaje es sólo un ejemplo que acompaña al arte y las ciencias, las costumbres y las formas de vestir, conducidas por las modas y, por supuesto, por la tecnología, en fin, una cultura que además se desarrolla a lo largo de la historia.

Ha resultado siempre muy tentador para los biólogos, comparar la evolución genética con la evolución cultural en cuanto a lo que las leyes que las gobiernan se refiere. De esta forma, si bien en la evolución genética son seleccionadas las características heredables de los individuos, son las ideas las que son seleccionadas en la evolución de la cultura. Esta analogía entre evolución cultural y evolución biológica ha sido ilustrada por muchos, especialmente por Karl Popper, pero utilizada por los biólogos para extender el seductor darwinismo hacia el reino de lo abstracto. Es así que en la evolución orgánica, son los genes los que tienden a perpetuar su estructura y a multiplicarla, recombinar, segregar su contenido, en fin, a evolucionar, y es ahí donde la selección juega su papel. Para explicar la evolución cultural, sin embargo, ha aparecido un término para nombrar a las ideas como unidad fundamental dentro de la cultura y asociarla así a los orgánicos: los memes.² En

este sentido, los genes y los memes son “replicadores” que contienen información genética y cultural, respectivamente. La analogía entre evolución cultural y evolución biológica ha tomado forma, pues son los memes dentro de un caldo de la cultura humana los que son mutados, fusionados, recombinados, transmitidos, es decir, los que evolucionan. Algunos memes serían por ejemplo canciones, formas de fabricar vasijas, recetas de cocina, modas de vestir, ideas religiosas. Estos memes entonces, al igual que los genes, saltarían de generación en generación y de persona en persona a través de libros, artículos, conferencias o incluso más informalmente por medio de leyendas, para ser puestos a prueba, mostrar su aptitud en el mundo de las ideas y así ser seleccionados. De esta manera, a lo largo de la historia han surgido, desaparecido, han prevalecido muchas ideas que finalmente hacen que nuestra cultura sea casi tan rica como la vida en la Tierra. Este planteamiento de la evolución cultural por medio de selección de ideas es, como ya mencioné, una idea de origen darwinista análoga a la propia idea de evolución de la vida por selección natural y, por lo tanto, ha sido ampliamente criticada. Sin embargo, cabría cuestionarse si esta analogía es un meme más, esperando el ambiente histórico más adecuado para distribuirse y establecerse como meme exitoso.

A no ser por los insectos sociales (hormigas, abejas, termitas, etcétera), en los cuales la organización social es enteramente innata sin una herencia cultural (además de la genética), fuera de la especie humana no existen organizaciones sociales tan altamente diferenciadas. Fue sin duda el desarrollo de la parte frontal de la neocorteza cerebral el que permitió el surgimiento de la compleja cultura humana. Justamente son las regiones del lóbulo frontal del cerebro las que permiten las habilidades de cognición social. De hecho, existe una alta correlación entre la dimensión de los grupos sociales en los primates y el volumen de la neocorteza frontal.³ Pero ¿cuáles son entonces las presiones de selección a las que estuvieron sometidos nuestros antepasados biológicos para empujar hacia el desarrollo de estas áreas cerebrales? De manera muy simplista podríamos imaginar que se favoreció a la inteligencia y la imaginación; sin embargo, la humana también es una especie social, por lo que se debió favorecer adicionalmente

características en función de la cohesión del grupo, como son la agresividad del colectivo más que la individual, el respeto a las leyes grupales más que a una iniciativa individual o la capacidad de reflexionar sobre su entorno a medida que lo conocen y cuestionarse si podría ser de otro modo. Es así que el comportamiento dejó de ser primordialmente instintivo para hacerse cultural y, paradójicamente, son estos mismos rasgos culturales los que han ejercido una presión de selección sobre la evolución genética. De esta manera, el hombre ha establecido una nueva dimensión y por lo tanto la cultura en nuestras sociedades no tiene precedente. Pero adicionalmente, creo que existe una característica humana que también es única: los valores morales. En todas las sociedades se encuentran difundidas pautas en virtud de las cuales las conductas son calificadas de convenientes o indebidamente, de buenas o malas. Aunque estas pautas varían de cultura en cultura, así como de individuo en individuo, existen algunas que se encuentran muy difundidas y podrían incluso considerarse como universales. Esta universalidad plantea el cuestionamiento de si el sentido moral forma parte de la naturaleza humana, es decir, si la moralidad es una dimensión de nuestro bagaje biológico y, por lo tanto, los valores morales y éticos son el resultado del proceso de evolución biológica en vez de serlo simplemente de la evolución cultural.⁴

Creo que los códigos morales, como cualquier otro sistema humano, forman parte de nuestra propia naturaleza biológica y deberían de ser coherentes con ella en el sentido de que no podrían contrarrestarla sin fomentar su propia destrucción. En este sentido, no existen discordancias entre nuestra supervivencia biológica y las normas morales aceptadas, de lo contrario conducirían paulatinamente a la extinción de las comunidades con reglas discrepantes. Es sin la menor duda la capacidad de predicción que tiene nuestra especie la que ha determinado el surgimiento de un “comportamiento ético”, y esto se debe nuevamente al desarrollo de nuestro lóbulo frontal cerebral. Sin embargo, el que las normas morales sean coherentes con nuestra naturaleza biológica no nos dice qué códigos éticos y morales debe seguir el ser humano. Para discutir el



© Anamaría Ashwell, de la serie *Erinias*.

origen evolutivo de los códigos morales que rigen nuestras sociedades deberíamos primero entender su valor adaptativo; dicho de otra manera, entender cuál es su función en términos del éxito reproductivo de cada individuo como un balance entre los costos y beneficios para la preservación de la especie.

EGOÍSMO Y ALTRUISMO

Aunque probablemente el primer planteamiento sobre el origen biológico de la moral lo hizo Herbert Spencer en su *Moral evolucionista y el darwinismo social*, fue el fundador de la sociobiología, Edward O. Wilson, quien crea una disciplina independiente ocupada en descubrir las bases biológicas de todo comportamiento social.⁵

Es justamente la sociobiología la que ha explicado las conductas animales egoístas y altruistas otorgándole una nueva dimensión a la teoría evolutiva darwiniana. Así, el objetivo de la sociobiología es demostrar que la cooperación social es el resultado de una selección individual por medio del análisis del balance, entre costos y beneficios de las estrategias sociales. Es fácil

entender en estos términos el valor adaptativo que tendría un altruismo de parentesco, en donde el cuidado entre individuos emparentados incrementa la probabilidad de heredar las características compartidas entre los parientes. Ha resultado, sin embargo, más controversial explicar el “altruismo recíproco”, el cual no sólo se limita a individuos de la misma especie, sino que actúa en todas las relaciones simbióticas.

El dilema del prisionero es un juego de azar engañosamente sencillo pero fascinante para biólogos, psicólogos, politólogos e incluso matemáticos que ilustra muy bien el valor adaptativo de las conductas sociales altruistas.⁶ De hecho, muchos sociobiólogos han planteado que en la naturaleza existen muchos organismos inmersos en largas partidas evolutivas del dilema del prisionero.⁷ En el juego original existe una banca que administra pagos y cobros de dos jugadores. Ambos jugadores sólo tienen dos cartas etiquetadas como “cooperar” y “traicionar”, de tal manera que en cada partida, los dos jugadores seleccionan una carta colocándola boca abajo. Dado que cada jugador tiene dos cartas, existen cuatro resultados posibles. De esta manera, las ganancias de cada jugador dependen de esos resultados de la siguiente manera:

Resultado 1, ambos deciden cooperar. La banca paga a cada jugador 3 puntos.

Resultado 2, ambos deciden traicionar. La banca multa a cada uno con 1 punto.

Resultados 3 y 4, uno de los jugadores juega cooperar y el otro traicionar. La banca paga 5 puntos al jugador que traicionó y multa no otorgándole ningún punto al que cooperó (por incauto).

Es evidente que la decisión de traicionar llevará a obtener mayores ganancias siempre y cuando el oponente elija cooperar; sin embargo, si ambos jugadores traicionan, se obtiene un castigo. Asimismo, la decisión mutua de cooperar permite obtener ganancias relativamente elevadas para ambos jugadores. Si este juego se repite, podrían existir múltiples estrategias a seguir que son incluso ajustadas por el historial del juego. De esta manera, podrían existir estrategias vengativas a corto y a largo plazo, caritativas, consideradas, etcétera, las cuales simplemente estarían limitadas por la imaginación. Pero, ¿cuáles serían las estrategias más exitosas en términos de los costos-beneficios obtenidos? Fueron un politólogo, Robert Axelrod, y un sociobiólogo, W. D. Hamilton, quienes realizaron un análisis clasificando diferentes estrategias en el juego del dilema del prisionero. Estos autores encontraron que, en términos generales, las más exitosas son las estrategias “amables”, las cuales nunca son las primeras en traicionar, o estrategias consideradas, que si bien pueden “vengarse”, tienen mala memoria. En contraste, las estrategias “rencorosas” se enfrascan en un círculo de mutua re-primación que impide obtener beneficios. Tenemos que tomar en cuenta que las estrategias conductuales exitosas dependen del ambiente en donde los organismos se encuentren inmersos, por lo tanto tenemos que hablar de estrategias evolutivamente estables. Esto es importante, ya que en un mundo darwinista las ganancias no se pagan con dinero, sino con descendencia. Así, una estrategia con éxito es la que se ha generalizado en la población de entre todas las estrategias y, además, debería ser exitosa en un clima dominado por sus propias copias.

Estos análisis teóricos siempre nos hacen preguntarnos qué tanto de este tipo de estrategias sociales se reproduce en poblaciones de organismos reales. Un caso particularmente interesante se observa en ciertas

poblaciones de murciélagos hematófagos, los cuales viven en comunidades y por medio de la regurgitación pueden alimentar a sus compañeros de cueva. De esta forma, se ha documentado⁸ que aquellos murciélagos que se nutrieron de manera abundante durante una noche alimentan en mayor medida a sus congéneres mal alimentados, a los cuales incluso pueden llegar a reconocer como “viejos amigos”. Este tipo de cooperación mutualista resulta adaptativo al obtener beneficios por medio de un intercambio de actos altruistas entre individuos en diferentes momentos. Es así que la frase “tú rascas mi espalda y yo rasco la tuya” queda justificada en términos evolutivos. El lector estará de acuerdo en que resultaría atractivo reflexionar acerca de los sistemas de organización social derivados de los ideales liberales de Occidente y del materialismo dialéctico como estrategias evolutivamente estables.

A pesar de que la sociobiología es una disciplina sólida en la actualidad, no siempre fue así. En realidad fue justamente el antropomorfismo el que hizo que el original darwinismo social adquiriera una terrible reputación al ingresar en el debate de las sociedades, ganando así calificativos como racista y elitista que pregona la discriminación social.⁹ Ciertamente no se puede negar la tendencia de algunos investigadores a proponer legislar en los asuntos sociales basados en el cientificismo. Pero es la conciencia que el saber otorga la que debió colocar al legislador fuera de la ciencia y al investigador, celoso de su autoridad, velando para sancionar manifestaciones inadecuadas en la comunidad.

Es riesgoso pensar que la ética deba de ser arrebatada, por lo menos parcialmente, de las manos de los filósofos para pasarla a la de los biólogos. Aunque no intento sugerir tal cuestión, como biólogo resulta tentador. Sin embargo, considero que el problema de la moral y la ética de la cultura humana deberían ser tratados también desde un punto de vista científico. De hecho, no existe justificación para pensar que sólo la filosofía pueda tratar ese problema. El rendimiento de los filósofos en los últimos dos mil años ha sido tan pobre que adoptar cierta modestia sería muy positivo. La sociobiología, como disciplina, es contraria a las ideas que fomentan el dualismo simplista entre ciencia e ideología, rechaza

la presencia de dos esferas distintas en el espíritu, una subjetiva y la otra racional. El negar el estudio de las sociedades humanas en términos evolutivos sería adoptar una actitud emergentista, y considero que deberíamos de dejarnos de rodeos y entender de una buena vez que somos una especie más que ha surgido con las mismas reglas y leyes naturales que todos los demás organismos vivos. Consideremos que, de la misma manera, todas nuestras conductas sociales e individuales también se han establecido como estrategias evolutivamente estables. Esta idea es tan añeja como la teoría evolutiva de Darwin, quien alguna vez escribió: “El instinto social constituye la fuente común de todos los principios morales”.

Empecé defendiendo que los humanos constituimos una especie de excepción, pero al mismo tiempo que escribía estas líneas, la idea de una separación entre evolución biológica y evolución cultural se hizo más estrecha y tal vez no exista tal disociación. Finalmente, el que nuestra herencia biológica y la cultural sean un continuo está dado por una especialización de la estructura teleonómica más fascinante: el sistema nervioso central.

NOTAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹ Numerosos ejemplos acerca de diferentes dialectos regionales analizados en el canto de las aves pueden encontrarse en: Payne R B (1981) *Population structure and social behavior: models for testing the ecological significance of song dialects in birds*. En: *Natural selection and social behavior: recent research and new theory* (R. D. Alexander & D. W. Tinkle Eds). Pp 108-120 New York: Chiron Press.

² El término “meme” fue acuñado por Richard Dawkins en su libro *El gen egoísta*. En analogía a los genes, vistos como las unidades fundamentales de la información genética, los memes son también unidades fundamentales de la información cultural. De esta forma, Dawkins creó un monosílabo parecido a “gen” derivado del griego “mimeme”, pero parecido a “memoria” o a la palabra francesa “mème”.

³ Se calcula que la dimensión promedio de los grupos humanos es de ciento cincuenta individuos (éste sería el número de personas que cada individuo conoce sin tomar en cuenta las relaciones estrictamente profesionales o casuales). En contraste, los chimpancés viven en comunidades de alrededor de cincuenta individuos y su neocórtex frontal es proporcionalmente más pequeña. Un análisis más detallado al respecto haciendo énfasis en la evolución del sistema nervioso de nuestra especie puede encontrarse en el libro de Robin Dunbar *La odisea de la*

humanidad, una nueva historia de la evolución del hombre. Barcelona (2007) Ed. Crítica.

⁴ El tema de la moral desde un punto de vista evolutivo ya ha sido tratado con antelación por muchos autores. Como ejemplo se puede revisar el libro de Francisco J. Ayala *La naturaleza inacabada*. Barcelona (1989) Biblioteca Científica Salvat.

⁵ Michel Veuille (1990) “*La sociobiología*”. Ed. Grijalbo, pp 11-106.

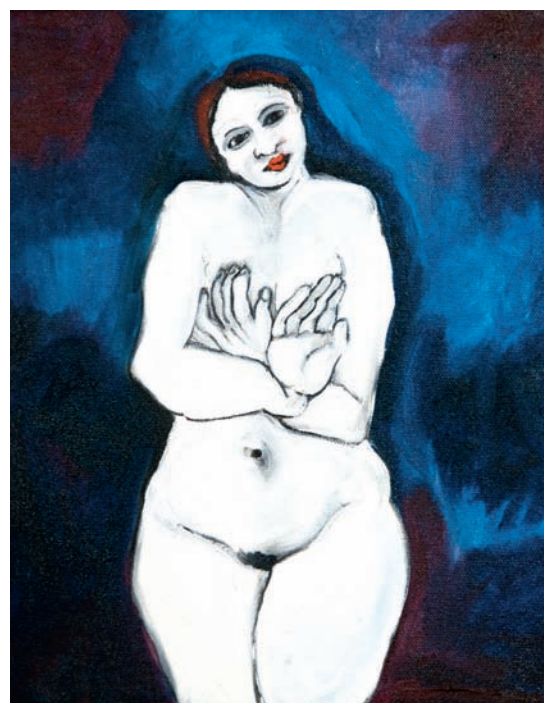
⁶ El nombre de “dilema del prisionero” viene de un ejemplo imaginario en donde dos hombres se encuentran en la cárcel sospechosos de colaborar en un delito. Cada uno de los sospechosos en su celda es motivado a traicionar a su colega. Así, lo que sucede depende de la decisión que tomen ambos prisioneros y ninguno sabe lo que ha hecho el otro. En cuanto a dilema, se debe a los resultados obtenidos de la toma de decisiones. Si ambos resuelven traicionar, los dos son convictos del delito (multa a ambos). Lo mismo sucederá para uno de ellos si sólo uno traiciona a su compañero, pero en este caso el traidor quedará libre (multa para el traicionado y recompensa para el traidor). Por el contrario, si los dos deciden cooperar entre sí negándose a hablar, no hay suficientes pruebas para condenarlos y se les impondrá una sentencia más baja (recompensa por mutua cooperación).

⁷ Axelrod R, Hamilton WD. The evolution of cooperation. (1981) *Science* 211: 1390-1396.

⁸ Wilkinson GS. Reciprocal food sharing in the vampire bat. (1984) *Nature* 308: 181-184.

⁹ El darwinismo social, la eugenesia y el fenómeno sociobiológico tal y como repercutió en la sociedad no son derivados del darwinismo en sí, sino de la antigua idea de “herencia” que evocaba la esencia biológica de los seres antes de la aparición de la genética. De esta manera, el que un individuo fuese obrero o burgués era debido a un factor hereditario.

Gerardo Rojas Piloni
Instituto de Neurobiología, Campus Juriquilla,
UNAM, email: piloni@inb.unam.mx



© Anamaria Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

Neurotoxinas:

SIGNIFICADO BIOLÓGICO y mecanismos de acción

Emilio **Salceda** y
Aída **Ortega**

Existe una gran variedad de organismos terrestres y marinos productores de toxinas. Numerosos procariotes, animales y plantas producen sustancias que ejercen actividad tóxica, en ocasiones letal, sobre otros seres vivos. En cierto sentido, las toxinas pueden ser consideradas una defensa biológica que ayuda a las especies que las producen en su lucha por la vida incrementando sus probabilidades de sobrevivencia, proliferación y diseminación. Así, las toxinas naturales son el resultado de una prolongada coevolución de especies que comparten un mismo nicho ecológico. En este proceso, cada toxina ha sido modelada para acertar específicamente en un blanco molecular clave del animal presa. En otras palabras, de alguna manera, en el curso de la evolución, las toxinas han “aprendido” cuáles son los más esenciales de los procesos vitales de los organismos vivos, y “saben” cómo afectar selectivamente la molécula clave de un proceso dado.¹ Desde un punto de vista biológico, esta característica de las toxinas puede parecer paradójica si se piensa en el provecho que un animal venenoso podría obtener de sustancias con un espectro de especificidad más extenso: ello lo haría un depredador más flexible en cuanto que ampliaría el rango de sus presas potenciales. Sin embargo no es así. Para el depredador venenoso un espectro de especificidad reducido puede ser una ventaja, particularmente si la velocidad del proceso



© Anamaría Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

de parálisis de la presa es un factor a considerar. Una especificidad limitada permite un uso más rápido y más eficiente de un menor número de moléculas de toxina. Restringir la unión de una toxina al subtipo de receptor más relevante para determinado mecanismo fisiológico evita el desperdicio del ligando, dispendio que ocurriría si la sustancia se uniera a subtipos relacionados, pero no relevantes, que pudieran estar presentes en mayor número que el subtipo que interesa desde el punto de vista del proceso fisiológico que se pretende afectar. Cualquier unión gratuita demandaría, consecuentemente, una mayor producción de la toxina para solventar el gasto realizado en receptores “inútiles”, de forma que la acción sobre el subtipo relevante no pierda eficacia.² Este hecho no excluye, desde luego, la posibilidad de que dos o más toxinas, actuando sobre diferentes blancos moleculares, ejerzan su efecto de manera colaborativa con el fin de inmovilizar a la presa. Un ejemplo de ello lo ofrecen ciertos componentes del veneno del cono púrpura *Conus purpurascens*. La notable eficiencia y la gran velocidad con que estos organismos capturan a sus presas se debe, en buena medida, a la concurrencia de múltiples neurotoxinas

que utilizan dos mecanismos fisiológicos paralelos, a saber: bloqueo neuromuscular y choque excitotóxico.

Cuando un cono púrpura ataca a un pez, de manera casi instantánea ocurre en éste una parálisis rígida que se acompaña de tétanos en las aletas. De forma eventual alguna presa puede llegar a recuperarse de este primer estado; sin embargo, invariablemente, entrará en una segunda condición caracterizada por parálisis flácida. Al conjunto de signos que ocurren en un pez que ha sido atacado por un cono púrpura se le ha llamado síndrome de tétanos súbito de la presa (STOP, por su sigla en inglés). Es evidente que esta secuencia obedece a que el veneno pone en marcha dos estrategias de inmovilización. Se sabe que el veneno de *Conus purpurascens* contiene, al menos, tres toxinas paralizantes que actúan bloqueando la transmisión neuromuscular; dos de ellas, la α A conotoxina PIVA –cuyo blanco molecular es el receptor nicotínico a la acetilcolina– y la μ -conotoxina PIIIA –que bloquea los canales de sodio dependientes de voltaje del músculo esquelético– no producen la parálisis rígida característica del STOP. De hecho, ningún componente individual del veneno evoca un STOP completo. Terlau y colaboradores,³ inyectando a peces con pares de componentes del veneno fraccionado por métodos cromatográficos, encontraron dos fracciones que, en combinación, producen el síndrome con todas sus características: un péptido de 29 aminoácidos llamado δ -conotoxina PVIA, y un péptido de 27 aminoácidos, al que denominaron κ -conotoxina PVIIA, que parece no competir por los sitios de unión de las ω -conotoxinas ni por los de las δ -conotoxinas. La inyección de este péptido a un pez produce hiperactividad inicial, seguida por contracción y extensión continuas de las aletas mayores, sin parálisis ni muerte. La δ -conotoxina PVIA, en cambio, provoca disminución en la actividad locomotora, extensión mandibular y, posteriormente, nado espasmódico y parálisis rígida generalizada que conduce a la muerte. Experimentos electrofisiológicos realizados por los mismos autores han demostrado que la primera toxina bloquea la conductancia al K^+ en canales tipo *shaker*, en tanto que la segunda suprime la habitualmente rápida inactivación de los canales de Na^+ de cerebro de rata, prolongando la duración de la corriente macroscópica de sodio. Así, incrementando el influjo de Na^+ y decre-

mentando el flujo de K^+ , el veneno surte su efecto de manera muy rápida (1-2 s *in vivo*). La razón por la que algunos animales han desarrollado mecanismos tóxicos paralelos similares a los expuestos aquí, radica probablemente en los hábitos de caza de las diferentes especies. El cono púrpura, por ejemplo, suele aguijonear a su presa en situaciones en las que ésta tiene espacio suficiente para huir. Si para inmovilizar a un pez el depredador dependiese únicamente del bloqueo neuromuscular que, comparativamente, es un proceso muy lento, se vería expuesto a perder la presa en un gran número de ocasiones. El choque excitotóxico es, en cambio, una solución biológica altamente eficaz que rinde a la presa prácticamente en el sitio en donde fue atacada. El caso de las anémonas es similar: el contacto inicial que estos organismos hacen con sus presas se realiza por medio de un sólo tentáculo; ello hace necesaria una acción fulminante que es efectuada por toxinas funcionalmente análogas a las de *Conus purpurascens*. Especies con estrategias de caza diferentes carecen de este mecanismo: el *Conus geographus*, por ejemplo, aguijonea a sus presas únicamente cuando éstas no tienen manera de escapar, por lo que el depredador puede prescindir de excitotoxinas y depender sólo de toxinas que bloquean la transmisión neuromuscular.⁴

Las toxinas de origen natural exhiben un amplio rango de complejidad química que va desde el simple ácido fórmico de las hormigas hasta las proteínas bacterianas conformadas por varios miles de aminoácidos. Sus formas de acción son diversas y dependen en gran medida de las necesidades del organismo que las sintetiza. Así, por ejemplo, las toxinas de origen animal suelen dirigirse hacia proteínas de la superficie celular que median funciones esenciales para la célula; casi todas son ligandos de canales iónicos. Ello se debe al hecho de que los animales productores de toxinas usan su veneno para atacar o inmovilizar a sus presas o depredadores potenciales. En tal caso la prioridad es que el veneno surta su efecto con rapidez y la estrategia más eficaz consiste en que sus componentes actúen sobre la superficie celular. No es entonces sorprendente que las toxinas de origen bacteriano se comporten de manera diferente. La supervivencia de las bacterias no depende de la velocidad con que actúan sus toxinas, sino de su capacidad biológica para modificar la

fisiología de sus hospederos de manera que tal intervención les asegure un medio favorable para su propia multiplicación y diseminación. Con la excepción de algunas toxinas bacterianas cuyo principal mecanismo de acción consiste en alterar la integridad de la membrana plasmática, estas sustancias suelen ejercer sus efectos desde el interior de la célula blanco.

NEUROTOXINAS

De entre la gran variedad de toxinas producidas naturalmente por los seres vivos, aquellas que ejercen su acción tóxica primaria sobre el sistema nervioso —afectando la estructura y/o la función de los elementos neurales— reciben el nombre de neurotoxinas; la mayor parte de estos agentes funcionan como ligandos altamente específicos de proteínas presentes en las células nerviosas. Dada la extrema complejidad estructural, química y homeostática del sistema nervioso (particularmente el de los vertebrados), no es extraño que las sustancias con propiedades neurotóxicas sean tan numerosas. Con el fin de limitar la extensión de este trabajo, nos limitaremos aquí a presentar, a manera de ejemplo, las principales características de las toxinas que afectan a los canales de sodio dependientes de voltaje. Se hará también una descripción de los principales aspectos estructurales y funcionales de los canales mismos.

TOXINAS QUE ACTÚAN SOBRE CANALES DE SODIO DEPENDIENTES DE VOLTAJE

El término canales iónicos se aplica a ciertos elementos macromoleculares de naturaleza proteica insertos en las membranas de las células excitables; su función es producir y transducir señales eléctricas. Las técnicas modernas de registro electrofisiológico y de clonación molecular han revelado una gran diversidad de canales por lo que, con base en criterios como: a) conductancia, b) selectividad iónica, c) cambios de permeabilidad en respuesta a factores como el voltaje transmembranal, la unión de neurotransmisores, hormonas y otros agentes, así como a la acción de



© Anamaria Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

ciertas enzimas y metabolitos intracelulares (todo lo cual configura la propiedad que se ha denominado *gating*) y d) farmacología, se los ha clasificado en familias que tienen propiedades funcionales comunes.

LOS CANALES DE SODIO DEPENDIENTES DE VOLTAJE

Los canales de sodio tienen un papel fundamental en la fisiología del sistema nervioso: transmiten impulsos eléctricos a través de células y redes celulares permitiendo la coordinación de un amplio rango de procesos fisiológicos que van desde la locomoción hasta la cognición. En síntesis, son proteínas que funcionan como catalizadores del paso de iones de sodio a través de la membrana plasmática en las direcciones dictadas por el potencial electroquímico.

Los cambios de permeabilidad mediados por los canales de sodio pueden ser caracterizados por dos atributos fisiológicos: *gating* y selectividad. Los modelos cinéticos de *gating* implican cambios en la conformación del canal; el esquema más simple puede ser descrito con base en tres conformaciones o estados:

un estado de reposo, no conductivo o cerrado (C), un estado conductivo, abierto (O) y un estado no conductivo especial llamado inactivado (I). Clásicamente C es favorecido por una membrana hiperpolarizada, en tanto que el estado I lo es por una membrana despolarizada. La conformación O ocurre sólo transitoriamente. Nuestra visión actual de la cinética del canal es mucho más compleja e incluye muchos estados intermedios no conductivos entre las conformaciones C y O, probablemente más de una conformación conductiva, y muchas vías hacia estados inactivados.

En general, la conductancia a través del canal es regulada por dos procesos: 1) activación, el cual controla la tasa y la dependencia del voltaje con las cuales ocurre la apertura de los canales luego de una despolarización, y 2) inactivación, el cual controla las mismas variables para el cierre subsecuente de los canales durante una despolarización sostenida. El término selectividad se refiere a la capacidad que tienen los canales para discriminar entre varios iones. Los canales de sodio son altamente selectivos para cationes metálicos alcalinos: permiten el paso de Li^+ casi tan fácilmente como el de Na^+ ; prefieren el Na^+ al K^+ en una proporción aproximada de 10:1; tienen una baja permeabilidad al Rb^+ y casi ninguna al Cs^+ .

ESTRUCTURA DEL CANAL DE SODIO

Los canales de sodio son grandes glicoproteínas formadas por varias subunidades polipeptídicas denominadas α (con una masa molecular de 240-280 kDa), β_1 , β_2 , β_3 y β_4 , de entre 30 y 40 kDa cada una, en estado glicosilado. Además de la subunidad α , los canales de sodio en el sistema nervioso central están conformados por las subunidades β_1 (o β_3) y β_2 , en tanto que los del músculo esquelético del animal adulto tienen sólo la subunidad β_1 . En el caso de los canales de sodio cerebrales la estequiometría de las subunidades es 1:1:1.⁵ El poro acuoso conductor de iones está contenido en la subunidad α y los elementos esenciales para la función del canal (apertura, selectividad iónica e inactivación rápida) pueden ser demostrados cuando ésta es expresada sola en células heterólogas. Las subunidades β son elementos auxiliares que modifican la cinética y la dependencia de voltaje de la apertura y

cierre del canal, y su coexpresión le confiere a éste las propiedades del canal nativo.

Utilizando secuencias parciales del canal de sodio purificado de la anguila eléctrica, Noda y colaboradores⁶ aislaron el DNAc que codifica la subunidad α de dichos canales. La secuencia deducida, de 1820 aminoácidos, reveló una proteína conformada por cuatro dominios homólogos (I-IV), cada uno de los cuales posee 6 segmentos transmembranales (S1-S6) en configuración helicoidal alfa. La Figura 1 muestra el arreglo generalmente aceptado en la actualidad para la subunidad α del canal de sodio. La proteína constituye un poro cuya vía de permeación está formada en su parte externa por los lazos de unión S5-S6 (denominados segmentos P) de cada dominio.

Las estructuras primarias de los segmentos P difieren notablemente entre los dominios; es decir, existe asimetría en la contribución de cada dominio a la vía de permeación. Dos dominios tienen una participación fundamental en la selectividad del canal al sodio: el dominio III, en el cual una lisina es crítica para la discriminación entre Na^+ y Ca^{++} , y el dominio IV, en el cual ciertas mutaciones de residuos contiguos (1531-1534) hacen que el canal no discrimine entre cationes monovalentes. En cuanto a la sensibilidad al voltaje, el hecho de que los segmentos transmembranales S4 posean residuos de aminoácidos cargados positivamente en cada tercera posición sugiere que son estos segmentos los que constituyen el sensor de voltaje.

Durante la activación, varios residuos cargados en cada segmento cuatro se desplazarían físicamente a través de la membrana utilizando para ello alguna región del canal aún no identificada. Este proceso, llamado inactivación rápida, podría estar mediado al menos parcialmente por el lazo citoplasmático que une a los dominios III y IV el cual contiene una fenilalanina crítica (F1489) dentro de una secuencia IFM (isoleucina-fenilalanina-metionina) que interactuaría con la boca interna del poro bloqueándolo durante la inactivación.

Hasta el momento se han caracterizado nueve subunidades α en células de mamífero, mismas que en la nomenclatura moderna se denominan $\text{Na}_v1.1$ a $\text{Na}_v1.9$. Se conoce también una décima isoforma relacionada (Na_x) que funciona como canal de sodio.

Todos los sitios de unión de toxinas identificados hasta hoy parecen estar localizados en la subunidad α .

Sitio de unión	Neurotoxina	Efecto fisiológico
1	Tetrodotoxina (TTX) Saxitoxina (STX)	Bloqueador del transporte iónico.
2	Veratridina Batracotoxina (BTX) Grayanotoxina (GTX)	Activación persistente.
3	Toxinas α de escorpiones africanos Toxinas de anémona marina	Enlentecimiento de la inactivación; activación persistente del canal.
4	Toxinas β de escorpión americano	Llevar el umbral de activación a potenciales más negativos.
5	Brevetoxinas (PbTX) Ciguatoxinas (CTX)	Activación persistente llevando el umbral de activación a potenciales más negativos.
Otros	Anestésicos locales, DDT, insecticidas piretroides, DPI 201-106	Bloqueo del canal en reposo y dependiente del uso. Enlentecimiento de la inactivación e incremento en la duración del potencial de acción.

TABLA 1. Sitios de unión a toxinas en el canal de sodio dependiente de voltaje. Se muestran también sustancias que se unen a otros sitios del canal. (Modificada a partir de Ogata y Ohishi⁷)

CLASIFICACIÓN DE LAS TOXINAS QUE ACTÚAN SOBRE CANALES DE SODIO

Las toxinas que actúan sobre los canales de sodio sensibles al voltaje han sido clasificadas de acuerdo con sus sitios putativos de acción. Cinco sitios receptores han sido propuestos hasta el momento (Tabla 1):

- **SITIO 1.** Es el receptor para los compuestos heterocíclicos tetrodotoxina (TTX, del pez globo, familia *Tetraodontidae*) y saxitoxina (STX, del dinoflagelado *Gonyaulax catenella*) así como para la toxina polipeptídica μ -conotoxina (del cono marino *Conus geographus*). Las toxinas de este grupo bloquean el poro del canal, impidiendo el paso de iones de sodio.

El sitio de unión a TTX se encuentra en la cara extracelular del canal y está presente en todas la isoformas conocidas del canal de sodio; por lo tanto, la afinidad a la toxina es dependiente de la isoforma. Noda y colaboradores señalaron que el Glu-387 del canal $\text{Na}_v1.2$ del cerebro de rata es responsable de la afinidad del canal de sodio por la TTX y la STX.⁸ En un estudio más extenso, Terlau y colaboradores demostraron que ciertas mutaciones en la región S5-S6 en cualquiera de los cuatro dominios del canal causan una pérdida de afinidad por la TTX.⁹ Congruentemente, uno de los residuos responsables correspondía al Glu-387 del canal $\text{Na}_v1.2$. Este residuo aminoacídico, junto con los residuos Glu-945, Asp-1426 y Asp-1717, fue relacionado con el anillo interno al cual se une la TTX. Un segundo grupo de

residuos conforman un anillo externo que interactúa con la TTX, y está formado por los residuos aminoácidos Asp-384 y Glu-942 en los dominios I y II, respectivamente, Lis-1422 en el dominio III, y un residuo neutral Ala-1714 en el dominio IV.⁹ Además de las interacciones electrostáticas con estos dos anillos, para que la TTX se una al canal se requiere de un anillo aromático del dominio I, en la región del poro.¹⁰ Este residuo no está absolutamente conservado y se presenta en canales de sodio resistentes a tetrodotoxina (TTX-R), incluida la isoforma cardíaca Na_v1.5. El cambio de una cisteína por Tir-385 en la isoforma cardíaca humana es responsable de la baja sensibilidad del canal a TTX, Cd²⁺ y STX.

La μ -conotoxina es un inhibidor competitivo de la unión de STX a los canales de sodio musculares (Na_v1.4), no así a los neuronales; por tanto, esta toxina distingue los canales de sodio nerviosos de los musculares.¹¹ Al igual que la TTX, la μ -conotoxina bloquea el poro del canal.

• **SITIO 2.** Es el receptor de varias toxinas liposolubles que incluyen a los alcaloides grayanotoxina (de *Rhododendron* y otras plantas de la familia *Ericaceae*), veratridina (de las hierbas liliáceas del género *Veratrum*), aconitina (de plantas del género *Aconitum*) y batracotoxina (BTX, de la piel de sapos del género *Phylllobates*). Las toxinas de este grupo producen activación persistente de los canales de sodio que conduce a la

despolarización de la membrana neuronal, bloquean la inactivación del canal, desplazan la dependencia de voltaje de la activación a valores más negativos y, al parecer, reducen la selectividad iónica del canal. Estos efectos han hecho suponer que el sitio 2 se encuentra localizado en alguna región del canal de sodio involucrada en la dependencia de voltaje de la activación. Se ha propuesto que estas toxinas se unen preferencialmente a la conformación activada del canal dejándolo en el estado abierto. BTX puede actuar desde cualquier lado de la membrana, lo cual sugiere que su sitio de unión pudiera estar ubicado en los segmentos del canal que atraviesan la membrana celular. La identificación de los residuos que forman el sitio 2 ha sido complicada debido a que sus ligandos presentan una alta hidrofobicidad. La esterificación de la batracotoxina proporcionó la primera herramienta útil para ser usada en experimentos de análisis de unión (*binding*). Como era de esperarse debido a su hidrofobicidad, se encontraron varios sitios de unión. Algunas porciones del sitio 2 se relacionan con la unión a anestésicos locales, y otras con la unión a insecticidas piretroides. Un estudio de fotomarcage con derivados de la batracotoxina fue el primero en obtener un éxito relativo para localizar el sitio receptor 2;¹² este trabajo sugiere que la región S6 del dominio I de la subunidad α del canal de sodio es un importante componente del sitio receptor; resultados similares se han obtenido utilizando mutagénesis dirigida, indicando, además, que los residuos aminoácidos Ile-433, Asn-434 y Leu-437, localizados en el segmento IS6 de los canales de sodio de las células musculares esqueléticas, forman parte de la región receptora a la batracotoxina, la cual comprende, adicionalmente, algunas regiones de los dominios II y IV.¹³ Un estudio reciente en el que se emplearon mutagénesis dirigida y técnicas computacionales propone un modelo en el cual la toxina interactúa directamente con el asa P del dominio III, lo que a su vez ayudaría a explicar cómo es que BTX altera la selectividad iónica y la conductancia del canal.¹⁴

• **SITIO 3.** Este sitio receptor une toxinas polipeptídicas purificadas a partir de los venenos de escorpiones norafricanos (α -escorpiotoxinas), anémonas marinas, algunas especies de araña y, al menos, de una avispa.



© Anamaría Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

Las toxinas de este grupo bloquean o enlentecen la inactivación del canal y, por tanto, prolongan la duración del potencial de acción en el músculo y en las neuronas.^{15, 16} Las toxinas de escorpión y las de anémona típicamente están conformadas por 60-70 y 46-49 residuos aminoácidos, respectivamente, aunque se ha aislado una toxina de anémona con apenas 27 residuos (ATX-III, de *Anemonia sulcata*), así como varias toxinas de escorpión con 30-40 residuos.

Las toxinas de anémona generalmente son más pequeñas que las toxinas α de escorpión y no guardan relación estructural con ellas a pesar de que ambos grupos se unen al mismo sitio, tienen propiedades farmacológicas similares y se desplazan recíprocamente del sitio de unión. Dado que la unión de las toxinas de escorpión al sitio receptor es notoriamente dependiente de voltaje y que esta dependencia se correlaciona con la dependencia de voltaje de la activación del canal de sodio, se ha propuesto que el sitio 3 debe localizarse en alguna parte del canal relacionada con el cambio conformacional que debe ocurrir durante la activación dependiente de voltaje, es decir, con el sensor de voltaje o con alguna estructura de compuerta del canal. Durante la despolarización, los segmentos S4 de la subunidad α del canal de sodio, incluyendo al del dominio IV, se desplazan hacia el espacio extracelular. Las toxinas de este grupo se unen al lazo extracelular ubicado entre los segmentos transmembranales IVS3-S4 (Figura 1), estableciendo una interacción electrostática con los residuos Glu-1613 de los canales de sodio de neuronas de cerebro de rata, Asp-1612 en los canales de células cardíacas, y Asp-1428 en los canales de sodio de músculo esquelético. La unión de estas toxinas al asa extracelular entre los segmentos S3-S4 del dominio IV retardaría el movimiento del segmento S4, el cual es necesario para la inactivación rápida.

• **SITIO 4.** Es el receptor para otra clase de toxinas de escorpión (denominadas β -escorpiotoxinas) que son purificadas a partir del veneno de escorpiones americanos como los pertenecientes al género *Centruroides*. Debido al gran parecido que en su estructura terciaria presentan las toxinas α y β de escorpión, durante algún tiempo se pensó que compartían el mismo sitio de unión; sin embargo, en 1980 se sugirió que la toxi-



© Anamaria Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

na β del escorpión *Tityus serrulatus*, llamada TiTx γ , no competía por el sitio de unión de las toxinas α de escorpión en canales de sodio neuronales.¹⁷

Estudios posteriores han mostrado claramente que estas toxinas se unen a sitios independientes. Este tipo de sustancias desplaza la dependencia de voltaje de la activación a valores de potencial más negativos, induciendo actividad neuronal espontánea. La unión de las toxinas β de escorpión al sitio receptor es independiente del potencial de membrana. El principal sitio de unión para estas toxinas se encuentra en el dominio II de la subunidad α del canal.¹⁸ Estudios hechos con quimeras del canal de sodio Na $_v$ 1.2 mostraron que el residuo Gli-845 del dominio DII juega un papel crucial en la unión de la toxina; además, algunos residuos extracelulares son requeridos, pues la toxina C α SS-IV necesita que el canal se encuentre activado para unirse, por lo que se ha sugerido que la toxina secuestra el segmento S4 del dominio II uniéndose a ciertos residuos que quedan expuestos durante la activación del canal.^{18, 19} Los residuos de unión aún son desconocidos, pero mutaciones del residuo Glu-779 en el lazo extracelular IIS1-S2, y de los residuos Glu-837 y Leu-840 en el lazo extracelular

IIS3-S4 reducen la afinidad del canal por las toxinas β de escorpión.²⁰

• **SITIO 5.** Es un dominio hidrofóbico del canal, al que se unen las brevetoxinas (PbTx) y las ciguatoxinas (CTX) liposolubles aisladas de los dinoflagelados *Ptychodiscus brevis* (organismo asociado a las mareas rojas) y *Gambierdiscus toxicus* (relacionado con la intoxicación por la ingesta del pez del arrecife, condición conocida como ciguatera), respectivamente.

La identidad de este sitio se dedujo del hecho de que, en ensayos de unión, estas sustancias no son desplazadas por toxinas que se unen a los otros sitios. Las toxinas que se unen al sitio 5 modifican los procesos de activación e inactivación del canal de sodio. Experimentos electrofisiológicos han demostrado que ambas toxinas provocan que el umbral de activación se desplace a potenciales más negativos.

La naturaleza de la acción de esta toxina difiere con respecto a la de las toxinas que se unen a los sitios receptores 2 y 3, ya que éstas actúan cuando el canal está cerrado o modificando la reactivación del canal inactivado, en tanto que la PbTx-3 induce estados de preapertura, haciendo parecer como si el canal tuviera diferentes estados de apertura.

Experimentos de fijación de voltaje han mostrado que las toxinas PbTx 2 y 3 provocan que el umbral de activación se mueva a potenciales hiperpolarizantes, con cinéticas extremadamente lentas.²¹

Es probable que la identidad del sitio 5 esté relacionada con al menos una parte de los segmentos S5-S6 del dominio IV.²²

Desde un punto de vista estructural, estos segmentos se encuentran muy cercanos en los canales de sodio nativos e interactuarían para formar el sitio receptor.

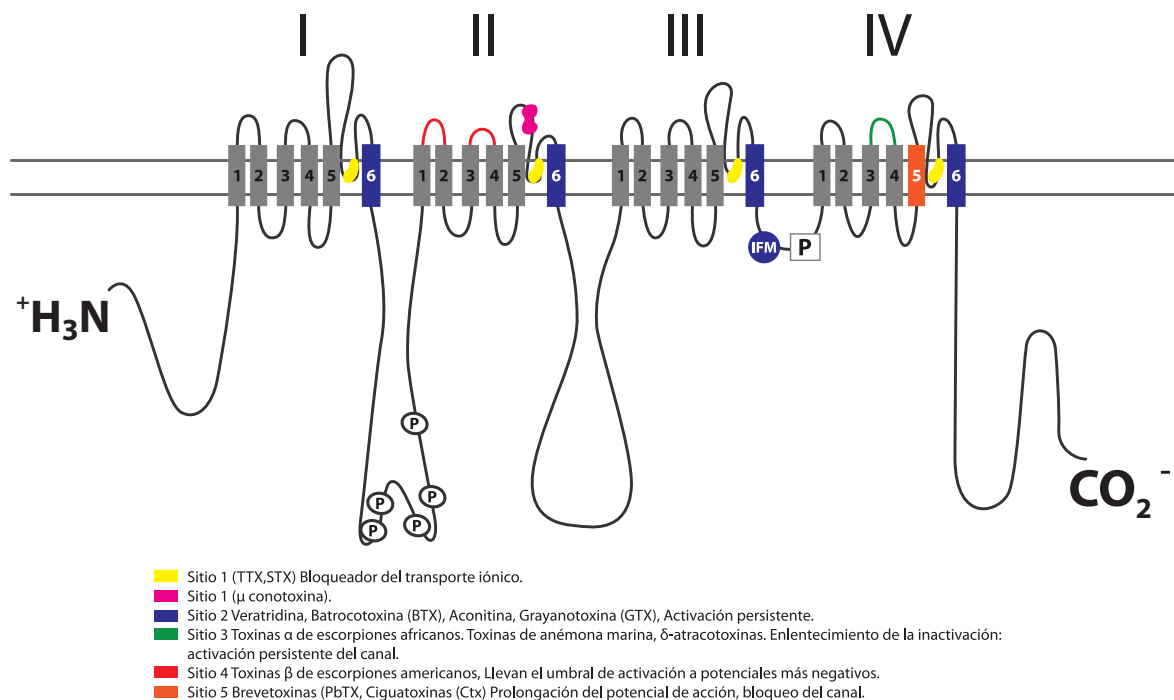
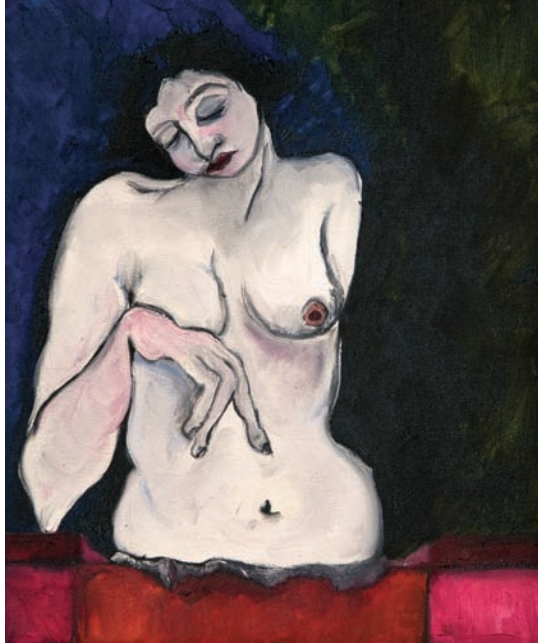


Figura 1. Esquema que muestra la localización de los distintos sitios de unión de neurotoxinas. El sitio receptor 1, al cual se unen la TTX y la STX, está formado por dos anillos de residuos aminoácidos localizados en el asa que forman los segmentos transmembranales S5-S6 en cada uno de los cuatro dominios; el sitio de unión para la μ -conotoxina se encuentra en el asa que forman los segmentos IIS5-S6. Al sitio receptor 2 se unen las grayanotoxinas, los alcaloides de la planta *Aconitium napellus* y la batracotoxina, y se halla en la región S6 de todos los dominios de la subunidad α del canal de sodio. El sitio receptor 3 es ocupado por varios grupos de toxinas polipeptídicas como las toxinas α de escorpión, las toxinas de anémona y algunas de las toxinas de araña y avispa; estas toxinas bloquean o inhiben el proceso de inactivación de los canales uniéndose a la asa extracelular ubicada entre los segmentos transmembranales IIS3-S4. El sitio 4 es ocupado por las toxinas β de escorpión, las cuales interactúan con el segmento extracelular IIS4, segmento que en el estado activado interactúa con la asa formada por los segmentos S3-S4. La brevetoxina y las ciguatoxinas se unen al sitio receptor 5, interactuando con los segmentos transmembranales IIS5 y IIS6. A un sitio receptor adicional (no representado en el esquema) se uniría la toxina polipeptídica TxIVA aislada del *Conus textile*, y su localización en el canal aún no ha sido identificada con precisión.



© Anamaria Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

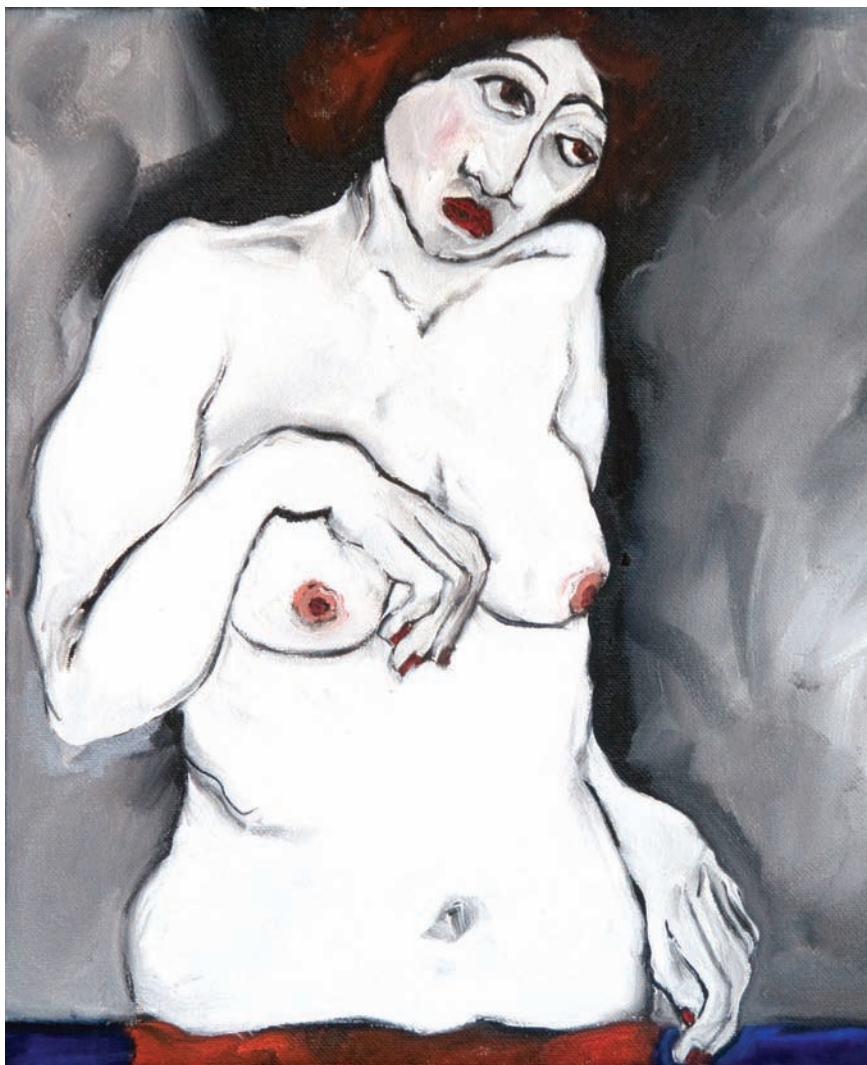


B I B L I O G R A F Í A

- ¹ Rappuoli R and Montecucco C (1997) *Guidebook to protein toxins and their use in cell biology*, Oxford University Press, New York.
- ² Adams ME and Olivera BM (1994) Neurotoxins: overview of an emerging research technology. *Trends Neurosci* 17:151-155.
- ³ Terlau H, Shon KJ, Grille M, Stocker M, Stuhmer W and Olivera BM (1996) Strategy for rapid immobilization of prey by a fish-hunting marine snail. *Nature* 381:148-151.
- ⁴ Olivera BM, Gray WR, Zeikus R, McIntosh JM, Varga J, Rivier J, de S, V and Cruz LJ (1985) Peptide neurotoxins from fish-hunting cone snails. *Science* 230:1338-1343.
- ⁵ Marban E, Yamagishi T and Tomaselli GF (1998) Structure and function of voltage-gated sodium channels. *J Physiol* 508:647-657.
- ⁶ Noda M, Shimizu S, Tanabe T, Takai T, Kayano T, Ikeda T, Takahashi H, Nakayama H, Kanaoka Y, Minamino N (1984) Primary structure of *Electrophorus electricus* sodium channel deduced from cDNA sequence. *Nature* 312:121-127.
- ⁷ Ogata N and Ohishi Y (2002) Molecular diversity of structure and function of the voltage-gated Na⁺ channels. *Jpn J Pharmacol* 88:365-377.
- ⁸ Noda M, Suzuki H, Numa S and Stuhmer W (1989) A single point mutation confers tetrodotoxin and saxitoxin insensitivity on the sodium channel II. *FEBS Lett* 259:213-216.
- ⁹ Terlau H, Heinemann SH, Stuhmer W, Pusch M, Conti F, Imoto K and Numa S (1991) Mapping the site of block by tetrodotoxin and saxitoxin of sodium channel II. *FEBS Lett* 293:93-96.
- ¹⁰ Satin J, Kyle JW, Chen M, Bell P, Cribbs LL, Fozzard HA and Rogart RB (1992) A mutant of TTX-resistant cardiac sodium channels with TTX-sensitive properties. *Science* 256:1202-1205.
- ¹¹ Cruz LJ, Gray WR, Olivera BM, Zeikus RD, Kerr L, Yoshikami D and Moczydlowski E (1985) *Conus geographus* toxins that discriminate between neuronal and muscle sodium channels. *J Biol Chem* 260:9280-9288.
- ¹² Trainer VL, Brown GB and Catterall WA (1996) Site of covalent labeling by a photoreactive batrachotoxin derivative near transmembrane segment IS6 of the sodium channel alpha subunit. *J Biol Chem* 271:11261-11267.
- ¹³ Wang SY and Wang GK (1998) Point mutations in segment I-S6 render voltage-gated Na⁺ channels resistant to batrachotoxin. *Proc Natl Acad Sci USA* 95:2653-2658. Catterall WA (1995) Structure and function of voltage-gated ion channels. *Annu Rev Biochem* 64:493-531.

- ¹⁴ Wang SY, Mitchell J, Tikhonov DB, Zhorov BS and Wang GK (2006) How batrachotoxin modifies the sodium channel permeation pathway: computer modeling and site-directed mutagenesis. *Mol Pharmacol* 69:788-795.
- ¹⁵ Salceda E, Garateix A and Soto E (2002) The sea anemone toxins BgII and BgIII prolong the inactivation time course of the tetrodotoxin-sensitive sodium current in rat dorsal root ganglion neurons. *J Pharmacol Exp Ther* 303:1067-1074.
- ¹⁶ Salceda E, Pérez-Castells J, López-Méndez B, Garateix A, Salazar H, López O, Aneiros A, Ständker L, Béress L, Forssmann WG, Soto E, Jiménez-Barbero J and Giménez-Gallego G (2007) CgNa, a type I toxin from the giant Caribbean sea anemone *Condylactis gigantea* shows structural similarities to both type I and II toxins, as well as distinctive structural and functional properties. *Biochem J* 406: 67-76.
- ¹⁷ Jover E, Couraud F and Rochat H (1980) Two types of scorpion neurotoxins characterized by their binding to two separate receptor sites on rat brain synaptosomes. *Biochem Biophys Res Commun* 95:1607-1614.
- ¹⁸ Cestele S, Qu Y, Rogers JC, Rochat H, Scheuer T and Catterall WA (1998) Voltage sensor-trapping: enhanced activation of sodium channels by beta-scorpion toxin bound to the S3-S4 loop in domain II. *Neuron* 21:919-931.
- ¹⁹ Schiavon E, Sacco T, Cassulini RR, Gurrola G, Tempia F, Possani LD and Wanke E (2006) Resurgent current and voltage sensor trapping enhanced activation by a beta-scorpion toxin solely in Nav1.6 channel. Significance in mice Purkinje neurons. *J Biol Chem* 281:20326-20337.
- ²⁰ Cestele S, Yarov-Yarovoy V, Qu Y, Sampieri F, Scheuer T and Catterall WA (2006) Structure and function of the voltage sensor of sodium channels probed by a beta-scorpion toxin. *J Biol Chem* 281:21332-21344.
- ²¹ Purkerson SL, Baden DG and Fieber LA (1999) Brevetoxin modulates neuronal sodium channels in two cell lines derived from rat brain. *Neurotoxicology* 20:909-920.
- ²² Gawley RE, Rein KS, Jeglitsch G, Adams DJ, Theodorakis EA, Tiebes J, Nicolaou KC and Baden DG (1995) The relationship of brevetoxin 'length' and A-ring functionality to binding and activity in neuronal sodium channels. *Chem Biol* 2:533-541.

Emilio Salceda y Aída Ortega, Instituto de Fisiología BUAP, email: esalceda@siu.buap.mx



© Anamaria Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

Centrales e ó l i c a s

en el ISTMO de TEHUANTEPEC; su impacto ambiental y socioeconómico

Ricardo
**Henestroza
Orozco**

Dadas la necesidad energética de México, la incertidumbre generada en cuanto a la búsqueda de petróleo en fondos marinos, y la necesidad de evitar el calentamiento global de la Tierra de acuerdo al compromiso contraído por México para reducir las emisiones de gases provocadores del calentamiento global planteados en el protocolo de Kyoto, se ha propiciado la posibilidad de utilizar fuentes alternas y renovables de energía, una de las cuales es la energía eólica, considerada también como “energía verde”, que se caracteriza por ser poco contaminante y menos costosa en cuanto al mantenimiento de sus centrales en comparación con las termoeléctricas. Los estados del país con mayor potencial para la instalación de aerogeneradores son Oaxaca, Baja California Norte y Sur, Quintana Roo, Sinaloa, Veracruz, Hidalgo y Zacatecas.¹

De ellos, Oaxaca, en la región del Istmo de Tehuantepec, ofrece un mayor potencial para el aprovechamiento de la energía eólica. De hecho ya funcionan las centrales eólicas de la Venta I y la Venta II, y próximamente estarán en funcionamiento la Venta III, que se halla en licitación y la Venta IV, que se halla en construcción por parte de la empresa EURUS.

Los atractivos para el aprovechamiento de la energía eólica en la región del Istmo de Tehuantepec son los siguientes: el desarrollo se encuentra a nivel de tierra, evitando los altos costos que implica instalar aerogeneradores dentro del mar o en la cima de las montañas; la cantidad de horas al año con vientos; la dirección del viento es sensiblemente fija, una temporada larga de Norte a Sur y una temporada corta de Sur a Norte; clase de viento considerado como excelente por los expertos.

La región del Istmo de Tehuantepec se localiza al sureste de la República Mexicana, siendo la porción más angosta del país. En esta parte, el Océano Pacífico y el Golfo de México están separados por sólo 215 kilómetros. La región está conformada por los distritos de Juchitán y Tehuantepec y colinda, al Norte, con el istmo veracruzano; al Sur con el Océano Pacífico; al Oeste con la Sierra Juárez y con la Sierra Madre del Sur, y al Este con el estado de Chiapas.

En la región del Istmo de Tehuantepec aflora una corriente marina anormalmente caliente, originando un gradiente térmico y de presión que da lugar a un intenso viento del Norte desde el otoño hasta la primavera.

Debido al interés generado, el gobierno del estado de Oaxaca gestionó ante los Laboratorios Nacionales de Energía Renovable (*National Renewable Energy Laboratories*) de los Estados Unidos un estudio a profundidad sobre el potencial eólico de la región del Istmo, el cual fue financiado a través de recursos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). El resultado fue el *Atlas Eólico del Estado de Oaxaca*, según información obtenida de la Secretaría de Economía del gobierno del estado de Oaxaca.

CÓMO SE ORIGINA LA ENERGÍA EÓLICA

El viento se genera por el calentamiento desigual que sufre la Tierra. El calentamiento es más intenso cerca del ecuador y durante el día; esto quiere decir, que las zonas más calientes se mueven sobre la superficie de la Tierra en su movimiento de rotación. Generalmente el aire caliente sube, para después circular por la parte

superior de la atmósfera y caer en las zonas más frías. A nivel del suelo la circulación es en sentido inverso.²

La energía eólica consiste en la conversión de la energía cinética del viento, por medio de aerogeneradores, en energía eléctrica que se vierte a la red eléctrica para su consumo. Esta fuente de energía se deriva de la energía solar, pues los vientos se desarrollan como consecuencia de los cambios de temperatura y presión en todo el planeta.

Los aerogeneradores son dispositivos que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica. La captación de la energía eólica se produce mediante la acción del viento sobre las aspas. El principio aerodinámico por el cual el conjunto de aspas gira es similar al que hace que los aviones vuelen. Según este principio, el aire es obligado a fluir por las caras superior e inferior de un perfil inclinado, generando una diferencia de presión entre ambas caras y dando origen a una fuerza resultante que actúa sobre el perfil. Si descomponemos esta fuerza en dos direcciones obtendremos:

1. Fuerza de sustentación, o simplemente sustentación, de dirección perpendicular al viento.
2. Fuerza de arrastre, de dirección paralela al viento.

Según cómo estén montadas las aspas con respecto al viento y al eje de rotación, la fuerza que producirá el motor será predominantemente de arrastre o de sustentación. Con excepción de los molinos de eje vertical, hoy en todos los aerogeneradores la fuerza dominante es la de sustentación, pues permite obtener con menor peso y costo, mayores potencias por unidad de área de rotor.

Para que un aerogenerador se ponga en marcha necesita de un valor mínimo del viento para vencer los rozamientos y comenzar a producir trabajo útil; a este valor mínimo se le denomina velocidad de conexión, y sin ella no es posible arrancar un aerogenerador (esta velocidad está comprendida entre 3-5 m/s). A partir de este punto empezará a rotar convirtiendo la energía cinética en mecánica, siendo de esta forma hasta que alcance la potencia nominal, generalmente la máxima que puede entregar. Aquí empiezan a actuar los mecanismos activos o pasivos de regulación para evitar que la máquina trabaje bajo condiciones para las que no fue diseñada. Aunque continúe operando a velocidades mayores, la potencia que entrega no será diferente a la

nominal, y esto ocurrirá hasta que alcance la velocidad de corte, donde, por razones de seguridad, se detiene (esta velocidad se considera a partir de 25 m/s).

Las condiciones eólicas en el Istmo de Tehuantepec son de las mejores a nivel mundial. En Oaxaca hay zonas con velocidades del viento medidas a 50 metros de altura superiores a 8.5 m/s, con un potencial de 6,250 megawatts, y otras con velocidades de 7.7 a 8.5 m/s, con un potencial de 8,800 megawatts, de acuerdo a un estudio de clasificación de velocidades del viento realizado por los Laboratorios Nacionales de Energía Renovable/ Recursos de Energía del Viento, de los Estados Unidos.

La Asociación Mexicana de Energía Eólica A.C. (AMDEE) afirma que la energía eólica explotable en el Istmo de Tehuantepec podría suministrar un siete por ciento de las necesidades de energía eléctrica a nivel nacional referido al consumo de 2005. Esto es de gran trascendencia, ya que en México la proporción de energía eléctrica generada con fuentes renovables va en decrecimiento, en lugar de ir aumentando como sucede en muchos países con una mejor visión del futuro.

Existe un grupo de empresas privadas interesadas en instalar centrales eólicas en el Istmo de Tehuantepec bajo la figura de sociedad de autoabastecimiento, las cuales se encuentran en la etapa de mediciones anemométricas y procuración de reservas territoriales arrendatarias.³

El doctor Leonardo Rodríguez, director adjunto de Desarrollo Tecnológico y Negocios de Innovación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), considera que México se debe preparar para la transición energética, porque en 20 o 25 años las nuevas energías van a ser competitivas (la solar, la eólica, entre otras) y serán más económicas.⁴

IMPACTO AMBIENTAL

Definitivamente todo proyecto genera alteraciones al medio ambiente en mayor o menor grado, desde la construcción de carreteras, la construcción de viviendas, la edificación de fábricas, etcétera, y se evalúa la relación perjuicio/beneficio para determinar la viabilidad del proyecto. El consumo de energía en México y en el mundo seguirá creciendo irre-

mediablemente; se estima que las necesidades energéticas mundiales para el año 2030 superarán en más de 50 por ciento las existentes hoy, permaneciendo los combustibles fósiles como principal fuente de abasto, por lo que las emisiones de CO₂ a la atmósfera seguirán aumentando, a menos que se tomen medidas pertinentes para evitarlo.⁵

Las ventajas de protección al medio ambiente que la energía eólica ofrece con respecto a la energía generada a partir de la quema de hidrocarburos son las siguientes: no contamina, es inagotable, y contribuye al cambio climático ya que de alguna manera se reduce el uso de combustibles fósiles. En la obtención de este tipo de energía no se produce alteración alguna sobre los acuíferos, no se producen gases tóxicos, no se destruye la capa de ozono ni se generan lluvias ácidas, además tiene emisión cero de gases de efecto invernadero, entre otras.

Las energías alternas y renovables ofrecen un menor impacto ambiental comparadas con el uso de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural), y dentro del conjunto de las energías renovables, el viento y el Sol son las que menos impacto ambiental ocasionan.⁶

Aunque los impactos ambientales son menores, es conveniente analizarlos; tal es el caso del ruido generado por el movimiento de las aspas de los aerogeneradores. En realidad no existen normas ambientales que regulen la contaminación por ruido que hayan sido emitidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y que sean específicas para la energía eólica. Por ello resulta necesario que las instituciones correspondientes generen una normatividad que considere los límites aceptables del ruido producido no sólo por un aerogenerador sino por un grupo de aerogeneradores que serán instalados en la región del Istmo de Tehuantepec.

El siguiente impacto ambiental está relacionado con la avifauna de la región, al chocar las aves sobre las aspas de los aerogeneradores. Con base en un estudio sobre el comportamiento de vuelo de las aves migratorias que cruzan el Istmo de Tehuantepec hacia Centro y Sudamérica, especialistas del Instituto de

Ecología (INECOL)⁷ proponen una serie de medidas precautorias para reducir el riesgo de colisión de estas aves contra los aerogeneradores de la central eólica La Venta II, que actualmente está en funcionamiento.

El Istmo de Tehuantepec, donde se ubica la central eólica La Venta II, forma parte de la ruta de aves migratorias. Cada temporada pasan por la zona doce millones de aves de 130 especies; entre las especies en peligro se encuentran la aguililla de alas anchas, la aguililla migratoria mayor y el halcón peregrino, protegidas por las leyes de México, Estados Unidos y Canadá.

También señala el INECOL que el lugar es una “especie de cuello de botella” por donde miles de aves cruzan, y la posibilidad de choques contra los aerogeneradores es muy alta; por ello es necesario llevar a cabo medidas precautorias si se quiere evitar un daño ecológico.

Las investigaciones en marcha buscan contrastar dos prototipos de animal teórico: el “pájaro partícula” contra el “pájaro inteligente”. En el primer caso las condiciones de viento hacen imposible al animal maniobrar a voluntad, igual que una partícula arrastrada por el viento; en el segundo, el animal puede decidir cómo sortear los obstáculos. Cada caso implica diferentes soluciones de diseño de los proyectos eólicos para disminuir los posibles impactos ambientales y hacer compatibles generación eléctrica y sustentabilidad.⁸

Desde 1998, Jorge Huacuz y Marco Borja hacían mención de la polémica del ruido y el peligro que representan para las aves los aerogeneradores, haciendo referencia también, de un marco normativo poco claro y complicado.⁹

Para finalizar el aspecto de impacto ambiental, es importante mencionar el aspecto paisajístico naturalmente caracterizado por elementos horizontales y la aparición de un elemento vertical como es el aerogenerador, lo cual produce el llamado efecto discoteca; que aparece cuando el Sol está por detrás de los aerogeneradores y las sombras de las aspas se proyectan con regularidad sobre los campos, parpadeando. En el caso del Istmo de Tehuantepec, se observan aerogeneradores a orilla de carretera, y el impacto provocado es de tipo visual.

Desde el principio hasta el final del proceso que lleva a su obtención, producir un kilowatt-hora con el sistema de aerogeneradores tiene un impacto ambiental cuatro veces menor que con gas natural, diez veces menor que con plantas nucleares y veinte veces menor que con carbón o petróleo.¹⁰

IMPACTO SOCIOECONÓMICO

La llegada de inversiones para el impulso de los parques eólicos en la región del Istmo de Tehuantepec es necesaria, ya que estimula el empleo, tanto en el ámbito de la construcción, como en el del mantenimiento y operación de las instalaciones; genera una derrama económica a nivel local, como pueden ser los gastos de transporte, alimentación y alojamiento de las personas que laboran en esa área.

De acuerdo con el comunicado de prensa PA/065 de la Procuraduría Agraria, con fecha 10 de septiembre del 2008, en el marco del programa Fomento de Inversión Pública y Privada en la Propiedad Rural (FIPP), directivos de la empresa española EURUS y ejidatarios del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, iniciaron la firma de convenios para generación de energía eólica, la Venta IV, con una inversión total de 500 millones de dólares, para producir 250 megawatts. En este proyecto serían beneficiados quinientos ejidatarios propietarios de 2,500 hectáreas del poblado La Venta, Municipio de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca. Por medio del gobierno estatal, se apoya jurídicamente la regularización de la tenencia de las tierras, para darle certidumbre a los dueños de las mismas.

La instalación de un parque eólico generaría un desarrollo regional sobre todo en cuanto al comercio. Al ser considerada la región como un polo de desarrollo, la hace atractiva para la instalación de establecimientos comerciales. Quizás en el corto plazo exista la posibilidad de instalar empresas de fabricación de partes para los aerogeneradores, como son tornillos, aspas (cuyo transporte es costoso), cojinetes, estructuras de soporte, cables, rodamientos, convertidores electrónicos, etcétera.

También podrían instalarse empresas que presten servicios de mantenimiento mecánico, instrumental, etcétera, a las instalaciones eólicas.

Las empresas privadas que instalen parques eólicos en la región del Istmo de Tehuantepec, (tal es el caso de Iberdrola, que el 22 de enero del 2009 inauguró la primera central eólica privada denominada “Parques Ecológicos de México” con capacidad de producción de 80 megawatts, y una inversión de 500 millones de dólares, en la Ventosa, agencia municipal de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca), tendrán que pagar impuestos al gobierno federal y/o estatal que a la vez serán retribuidos al Istmo de Tehuantepec. El pago por el arrendamiento de terrenos beneficia a los campesinos. Además, está el pago por licencias municipales y el aporte que estas empresas tendrán que realizar para la mejoras de caminos e infraestructura local.

Además de lo ya expuesto, ha generado un interés turístico en los parques eólicos en operación y en construcción; esto es algo novedoso no sólo en Oaxaca, sino en el país, lo que implica ofrecer un atractivo turístico para todos los visitantes de la región del Istmo.

También es importante mencionar el otro escenario que ha generado una cierta polémica en el desarrollo del proyecto eólico y que a criterio del autor de este artículo, se debe a la falta de información y a una mala comunicación por parte de las empresas eólicas; el día 25 de septiembre del 2005, en Unión Hidalgo, Oaxaca fue realizado el Foro Regional contra el Proyecto Eólico del Istmo de Tehuantepec, con la participación de ejidatarios, autoridades y ciudadanos de las distintas comunidades que integran la región del Istmo. Allí fue pronunciado lo siguiente:

A) Como impacto económico

1. La falta de generación de empleos suficientes, estables y permanentes, en fase operativa del proyecto.

2. La baja remuneración ofrecida por las empresas por la reserva territorial antes del montaje y operación, así como el pago por arrendamiento de las tierras con torres asignadas y/o involucradas, por treinta años, los montos son de diez a veinte veces menores a lo que las mismas transnacionales ofrecen en Europa y Estados Unidos.

3. La injusta diferenciación socioeconómica provocada al beneficiar sólo a arrendadores de las tierras.

4. La pérdida de la vocación agropecuaria de la zona, sobre todo en las tierras del distrito de riego No. 19, dejando sin empleo a campesinos, obligándolos a emigrar.

B) Como impacto social

1. La ausencia total de información y consulta a los pueblos y comunidades indígenas asentados durante siglos en este territorio, como se establece en el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y en la propia Ley Indígena del estado de Oaxaca.

2. La desintegración y división de ejidos y comunidades, por la misma falta de información y valoración de consensos en asambleas para la toma de decisiones con relación a los proyectos eólicos.

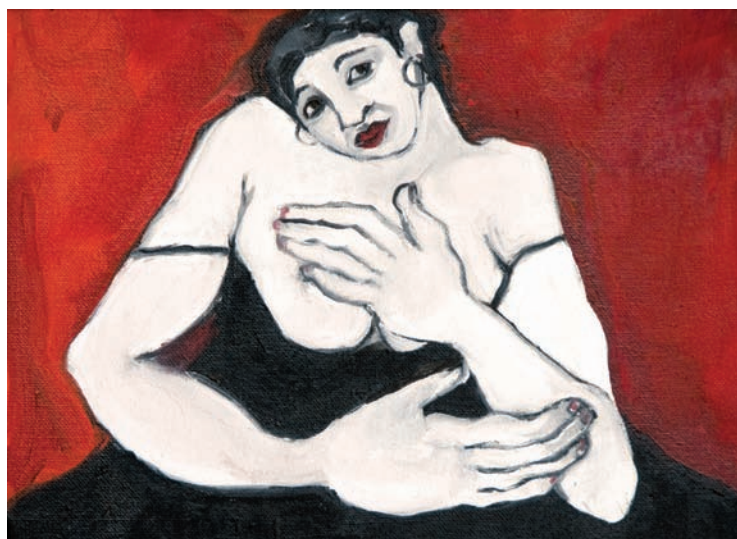
3. Derivado de lo anterior, la imposición de los proyectos por parte de las empresas, en contubernio con dependencias gubernamentales estatales y federales.

4. El aumento de la emigración hacia los Estados Unidos, dada la diferenciación socioeconómica y el aumento de la pobreza en familias que no sean directamente beneficiadas por los parques eólicos.

5. Las empresas transnacionales serán las más beneficiadas económicamente por este tipo de proyectos; la tecnología para el manejo, instalación y operación del proyecto es extranjera.

6. El cuestionamiento acerca de si la generación y transmisión de energía únicamente compete al Estado.

También han existido demandas de nulidad de contratos de arrendamiento de tierras ante el juzgado civil de Juchitán, Oaxaca, por parte de organizaciones sociales y medioambientalistas que representan a los ejidatarios inconformes, y algunas han prosperado.



© Anamaría Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.



© Anamaria Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

CONCLUSIONES

El objetivo de este artículo es dar a conocer al público lector en qué consisten los impactos de tipo ambiental y socioeconómico que tienen injerencia en el proyecto eólico de la región del Istmo de Tehuantepec. Considero que, efectivamente, existen una serie de impactos menores ya mencionados; sin embargo, éstos se ven acrecentados por la falta de información de las empresas eólicas hacia los propietarios de las tierras, y hacia la sociedad en general; se ha generado una situación de mala comunicación; por citar algunos ejemplos: el campesino piensa que las empresas extranjeras se quedarán con sus tierras, que el pago por el arrendamiento de sus tierras es muy bajo; la sociedad en general ignora qué efecto podría tener la instalación de aerogeneradores hacia el medio ambiente tanto en niveles de ruido como la alteración de la avifauna. Definitivamente la instalación de las centrales eólicas se debe realizar en estrecha cooperación con la comunidad local, así como de manera amigable con el medio ambiente. Finalmente, todos estos elementos convergen en la necesidad de proponer una política estatal de energía eólica, incluyente de los estudios de impacto

ambiental e impacto económico-social, que dé certidumbre tanto a los inversionistas como a los propietarios de las tierras y evite discrepancias tanto en el presente como en el futuro.

REFERENCIAS

- ¹ González AME y Beltrán MLF. (2006) *Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México*. INCI 4. 31: 240-245.
- ² Rodríguez AJL y Burgos DJC. Madrid (2003) "Principios de conversión de la energía eólica". *Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica*, Rueda SL(edit.), p.28.
- ³ Henestroza OR. (2008) *Desarrollo del proyecto eólico en la región del Istmo de Tehuantepec*. Investigación y Ciencia, UAA. 42: 18-21.
- ⁴ Galindo RJA y Hernández MM. (2008) *Ciencia y tecnología, ¿en el olvido?* Consultoría: industria del conocimiento 209.
- ⁵ Huacuz VJM. (2008) Energías renovables: la reforma olvidada. *Ciencia y Desarrollo* 223: 60-64.
- ⁶ Morales GM y Pacheco CH. (2007) *Reducción de las emisiones de carbono y la energía renovable*. IIE-Gerencia de procesos térmicos, pp. 2-7.
- ⁷ Nava PM. (2007) Proponen medidas para evitar potenciales colisiones de aves en la Venta II. *Noticias de Ciencia y Tecnología-Conacyt*.
- ⁸ Villegas R y Equihua M. Octubre (2007) Energía eólica y aves. Investigación y desarrollo: periodismo de ciencia y tecnología, *La Jornada*.
- ⁹ Huacuz JM y Borja MA. Marzo-abril (1998) Generación eléctrica con energía del viento. *Tendencias tecnológicas/ Boletín IIE*.
- ¹⁰ Álvarez C. Madrid (2006) "Sostenibilidad y medioambiente". Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (edit.), *Energía Eólica*, 71-77.

Ricardo Henestroza Orozco,
Universidad del Istmo,
rhenegroza@sandunga.unistmo.edu.mx

Una aproximación TEÓRICA al concepto de INDIVIDUO

Francisco E. **Fontúrbel**
Carla V. **Barriga**

¿QUÉ ES UN INDIVIDUO?

Según el diccionario, individuo viene del latín *individuus*, que significa literalmente, “sin división”.¹ El término “individuo” tiene acepciones distintas en filosofía y en biología. En esta última existen diversos puntos de vista para definir este término, y esto da lugar, a una gran ambigüedad² y dificulta la pregunta ¿qué es el individuo?

Los individuos, desde el punto de vista biológico, son seres unitarios e indivisibles, que conservan sus propiedades críticas (fisiológicas y estructurales¹). En alguna literatura se emplea el término “individuo” como sinónimo de “organismo”, mientras que en otros textos se usa el término “individuo” en un sentido más estricto, haciendo referencia a entidades integrales y localizadas, razonablemente bien limitadas en el tiempo y el espacio.²

La definición de individuo se complica cuando se aborda desde una perspectiva biológica más amplia, puesto que introduce en el esquema de análisis una variable lógica y fundamental: la vida; y es así que en realidad la pregunta posiblemente se estructuraría en ¿qué es un individuo vivo? y, contrariamente al caso del diccionario, no tenemos una respuesta única para responder a esto, ni existe un acuerdo absoluto sobre cómo se define, en términos biológicos, un individuo.² Santelices² y Michod y Nedelcu,¹ plantean que un organismo puede definirse (desde la visión de la biología clásica) en términos de su homogeneidad genética, de su unicidad genética y de su autonomía fisiológica, aunque no necesariamente todos estos criterios se cumplen simultáneamente en los distintos *phyla* conocidos en la actualidad.²

En el presente documento se pretende explicar la idea de lo que es un individuo, en términos biológicos, desde la perspectiva de diferentes autores y criterios, mediante un metanálisis de las propiedades emergentes de los niveles de organización, los conceptos de especie y de la concepción de individuo como sujeto de estudio y unidad de selección, a nivel evolutivo.³

ENTONCES, ¿CÓMO DEFINIMOS UN INDIVIDUO?

Es fácil reconocer un ser vivo en la naturaleza, ya sea éste un insecto, una planta o una bacteria, pero ¿qué definición se puede usar que los englobe y caracterice a todos? Solomon *et al.*⁴ plantean y definen siete características fundamentales de los seres vivos: 1) se encuentran en un nivel de organización determinado, 2) se desarrollan y crecen, 3) regulan sus procesos metabólicos, 4) sus células tienen capacidad de movimiento, 5) son capaces de reaccionar a estímulos, 6) se reproducen, y 7) evolucionan y se adaptan.

Estas características basadas en la biología celular (que responde al principio 1) fueron universalmente aceptadas hasta mediados del siglo xx, dichas ideas pierden validez cuando se caracterizaron a detalle a los virus, y posteriormente a los viroides, viriones y priones,^{5,6,7} los que a pesar de no poseer una estructura celular, carecer de un metabolismo autónomo y de una capacidad propia e independiente de moverse y responder a estímulos del medio, eran capaces de reproducirse (no independientemente, sino empleando otros sistemas biológicos), de adaptarse y de evolucionar a gran velocidad, debido a sus elevadas tasas de mutación,^{5,6} y esto nos dificulta el poder definir al individuo bajo los parámetros anteriormente descritos.

La siguiente teoría en caer, fue la que planteaba que los individuos transmiten su información de generación en generación mediante la molécula de DNA, la cual se transcribe a mRNA y éste se traduce a nivel del tRNA y los ribosomas para dar lugar a la estructura primaria de las proteínas. El descubrimiento de los retrovirus en primera instancia, y posteriormente de otros virus de RNA, los viroides, viriones y priones descarta esta visión y dificulta aún más la definición de individuo.

Más allá de las características fundamentales de la biología clásica se han hecho intentos por definir a un individuo, pero en todos los casos, la cantidad de excepciones que se plantean es demasiado grande.² Actualmente se aceptan tres principios fundamentales para definir al individuo: la homogeneidad genética, la unicidad genética y la autonomía fisiológica.^{1,2,8} A continuación se discute cada uno de ellos:

a) Homogeneidad genética: se refiere al conjunto de caracteres genéticos heredables en una determinada población. Se asume que los cambios heredables, por adaptación, se dan a nivel de una población y se excluye la posibilidad de tener más de una línea celular presente simultáneamente en el acervo genético de un organismo.^{2,3} En hongos, por ejemplo, es bastante común la formación de quimeras mediante procesos de fusión citoplasmática.²

b) Unicidad genética: se refiere a la existencia de genotipos únicos en cada población, es decir, que cada individuo de la población es genotípicamente único. Este concepto excluye a aquellos individuos unitarios y no unitarios como, por ejemplo, los gemelos homocigóticos en *Homo sapiens* o los brotes vegetativos en *Fragaria vesca*. Quedan al margen de este principio todos aquellos organismos que se reproducen de forma clonal (vegetativa) y aquellos que forman unidades modulares,^{2,9} limitándose únicamente a aquellos que presentan reproducción sexual típica y sin excepciones.

c) Autonomía fisiológica: Autonomía y fisiología son dos rasgos principales del reino animal, según lo define Huxley;² de acuerdo con este criterio, los individuos son un “todo” que sólo adquiere significado real al relacionarse con el medio, de forma, también, unitaria. Esto deja al margen a especies que viven en colonias, organismos modulares, insectos sociales y un largo etcétera, puesto que no todos los individuos son necesariamente autónomos fisiológicamente hablando.^{2,9}

Bajo la visión clásica de individuo, estos atributos “clave” del individuo lo definen de acuerdo a su ocurrencia plena y simultánea, Santelices^{2,10} y Michod y Nedelcu¹ han documentado numerosos casos en los

que no se cumplen las tres condiciones clave anteriormente descritas, y estos casos son demasiado numerosos para ser considerados, simplemente, como excepciones.²

Respecto a la homogeneidad genética, Santelices¹⁰ discute acerca de la ocurrencia de conformaciones genéticas en mosaico y formación de quimeras. Inicialmente esta situación había sido considerada como excepcional, aunque diversos estudios han mostrado que, en todo caso, es una situación bastante normal y común en varios grupos de individuos.

La formación de mosaicos responde a la existencia de dos poblaciones celulares, —con genotipos distintos— en un mismo individuo, que se originó a partir de un único genotipo cigótico; esta situación puede ser causada por mutaciones ocurridas durante el desarrollo, y que permanecen hasta la etapa adulta del individuo,¹⁰ como sucede con el monito del monte, *Dromiciops gliroides*, en los bosques templados del Sur de Chile.¹¹ La formación de quimeras, en cambio, se refiere a individuos con dos o más genotipos diferentes en un mismo individuo, pero originados a partir de diferentes cigotos; este fenómeno se presenta por fusiones alogénicas (como en el caso de los hongos), involucrando cambios fisiológicos o estructurales mayores que en el caso de la conformación en mosaicos, y siendo por ende, menos frecuentes. No quedan claras las diferencias que ambos procesos significan para el organismo.¹⁰

La formación de quimeras se observa con mayor frecuencia en plantas y animales marinos, mientras que la conformación en mosaico es más frecuente en individuos terrestres.¹⁰ Aún no quedan totalmente claras las causas y las razones por las que ocurren estos procesos. Respecto a la conformación en mosaicos, aparentemente no existen mecanismos de protección o de prevención en los organismos para evitar esta situación, mientras que en los individuos quiméricos se han reportado estrategias y mecanismos de histocompatibilidad para regularlos y, eventualmente, prevenirlos, siendo ésta una situación más común en hongos y en insectos.¹⁰

En organismos de organización más simple, el cambio de algunas características funcionales del individuo por uno de estos procesos puede resultar



© Anamaria Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

benéfico a nivel de la eficacia biológica, mientras que a nivel de organismos más complejos (pluricelulares) resulta ser más incierto el destino que estos individuos tendrán, porque están involucrados procesos y factores también más complejos, como por ejemplo, el crecimiento.¹⁰

Respecto a la unicidad genética y a la autonomía fisiológica, Monro y Poore⁹ plantean como ejemplo que no cumple estas dos condiciones a las algas rojas macroscópicas.

En el caso de individuos modulares, como las algas rojas,⁹ no se cumple el principio de unicidad genética, puesto que son organismos modulares donde los distintos módulos pueden ser clones (genéticamente idénticos) entre sí y, eventualmente, tampoco se cumple el principio de homogeneidad genética por razones similares a las descritas por Santelices.¹⁰ Los individuos modulares tampoco cumplen *sensu stricto* con el principio de autonomía fisiológica, puesto que los distintos módulos pueden asumir una cierta diferenciación de funciones

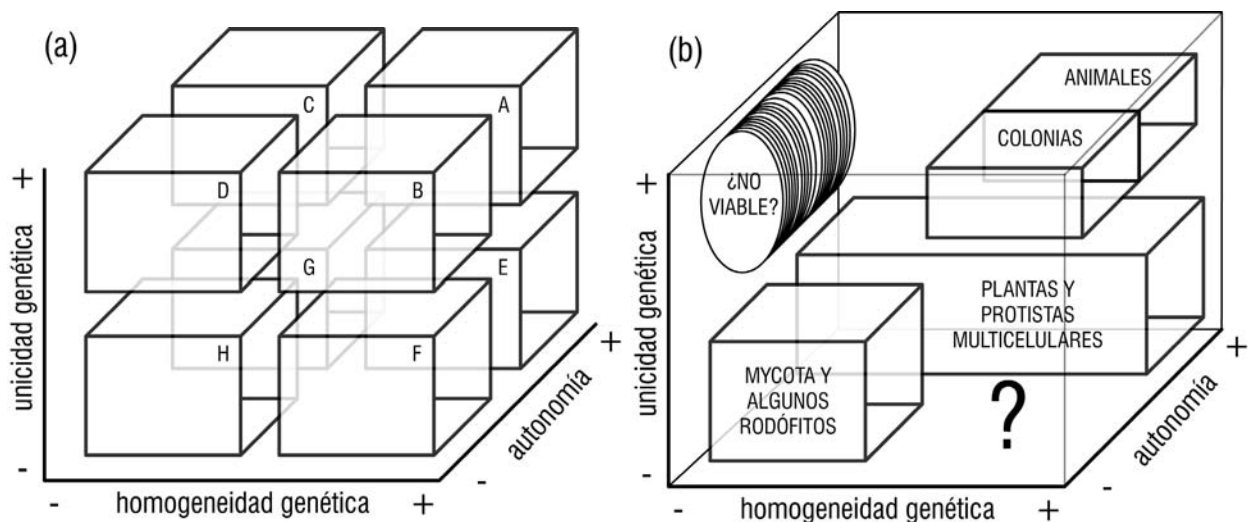


FIGURA 1: (a) Matriz tridimensional 2x2x2 planteada por Santelices,² para explicar la ocurrencia de ocho tipos distintos de individuo, de acuerdo a la presencia (+) o ausencia (-) de los tres atributos fundamentales de individuo. Los individuos de tipo A se refieren a los individuos unitarios, que cumplen con los tres principios fundamentales. Los individuos B se refieren a organismos que carecen de autonomía (por ejemplo, colonias sociales de insectos). Las unidades C y D se refieren a organismos genéticamente únicos cuyos genotipos han cambiado marcadamente durante el desarrollo. Las unidades E y G incluyen a los clones o cualquier individuo con replicación asexual e idéntica, siendo los de tipo E más inestables que los de tipo G. Los de tipo H incluyen a quimeras propagadas clonalmente e individuos gregarios, carentes de autonomía y genéticamente inestables. Los de tipo F incluyen a organismos que si bien son genéticamente homogéneos, no son genéticamente únicos ni autónomos; hasta ahora no se ha reportado ningún individuo que cumpla con estas características. (b) Distribución de representantes vivientes conocidos actualmente (redibujado a partir de Santelices²).

y ser interdependientes entre sí.^{8,9} Es así que, varios taxa de individuos, pueden no cumplir con ninguno de los tres principios fundamentales de la definición de individuo.

Respecto a situaciones como las ejemplificadas anteriormente, Santelices² plantea la existencia de más de un tipo de individuo, con base en la presencia o ausencia de los tres atributos fundamentales del individuo "clásico", para ello, elaboró una matriz tridimensional de 2x2x2 con las diferentes posibilidades de combinación, generando ocho tipos teóricos de individuo (Figura 1a).

La conformación de individuos en alguno de los ocho tipos teóricos está dada en función a la adecuación biológica (*fitness*) diferencial de cada uno; esto se debe a la organización de cada población y, eventualmente, a mutaciones deletéreas que generan la pérdida o modificación de líneas celulares.² Cada individuo responde a una estrategia evolutiva individual y propia para cada caso particular, en función al nivel de organización donde se

encuentre. No se conocen organismos en los otros tipos teóricos (Figura 1b) propuestos por Santelices,² pero queda abierta la pregunta: ¿cuántos tipos de individuos quedan aún por descubrir?

EL INDIVIDUO:

NIVELES DE ORGANIZACIÓN, PROPIEDADES EMERGENTES Y EL CONCEPTO DE ESPECIE

Continuando en la búsqueda del concepto de individuo, veamos qué sucede con los niveles de organización y las propiedades emergentes, partiendo del más básico que es el nivel químico, constituido por átomos y moléculas, indispensables para la vida como el oxígeno molecular y el agua. En este caso, las propiedades emergentes son evidentes, puesto que la combinación de átomos gaseosos como el hidrógeno y el oxígeno, da lugar a una molécula líquida de propiedades muy diferentes, como el agua.⁴ En una siguiente instancia se originan las macromoléculas (proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos). Del nivel químico pasamos al nivel de organelos que, posteriormente, lleva a constituir un nivel celular, considerado como el

primer nivel vivo de la organización, en el que ya se puede hablar de individuo, porque la célula reúne todas las características estructurales y fisiológicas necesarias para poder funcionar autónoma y unitariamente.

Si bien las células son capaces de funcionar auto-suficientemente (por ejemplo, eubacterias, arqueobacterias y protistas), la evolución y presiones de selección han hecho que las células eucariotas también puedan agruparse para formar conjuntos multicelulares, y es así que las asociaciones coordinadas y ordenadas de células forman el nivel de tejidos, y a su vez los tejidos forman el nivel de órganos y éstos el nivel de sistemas, siendo estos últimos tres niveles no autónomos en sí, ya que tienen que reunirse de manera coordinada para formar el nivel de organismo multicelular, en el que también podemos hablar de individuo, con bastante propiedad, y podríamos considerar a este individuo como unidad de estudio y como unidad de selección, en términos evolutivos. Los organismos se reúnen para formar poblaciones, y éstas se reúnen para dar lugar a comunidades, la conjunción de las comunidades con el medio abiótico en el que viven da lugar al ecosistema y, finalmente, la reunión de los ecosistemas del planeta da lugar a la biósfera. Conforme surgen nuevas propiedades emergentes, por supuesto, cambia también nuestra forma de entender al individuo según el contexto.

Al igual que sucede con la definición de individuo, no existe una definición única y universal de especie, sino que existen numerosas definiciones que pueden ser evaluadas en términos de la meta o propósito para los que fueron propuestas.¹² A continuación se hará referencia a las tres definiciones clásicas de especie y a la nueva definición, según el trabajo de Templeton.¹²

a) Concepto evolutivo de especie. Se refiere a la población o grupo de poblaciones, que comparten un “destino evolutivo común” a través del tiempo.¹²

b) Concepto de especies de aislamiento. También conocido como concepto biológico de especie (definido por Mayr en 1963), son los grupos de poblaciones naturales, actualmente o potencialmente capaces de entrecruzamiento, que se encuentran aislados reproductivamente de otros grupos similares.¹²

Este concepto se fundamenta en los mecanismos de aislamiento reproductivo, puede resultar (total o parcialmente) incompatible con la especiación alopátrica (según definiciones de Smith y Smith¹³), puesto que sólo considera barreras de tipo reproductivo.

c) Concepto de especie de reconocimiento. Propuesto por Paterson, en 1985, se plantea como una alternativa de desambiguación para el concepto de especie de aislamiento, mediante la introducción de una variable clave en el análisis: el comportamiento.¹²

A partir de un análisis de los tres conceptos anteriormente mencionados, Templeton¹² propone el concepto cohesivo de especie, generando una definición más inclusiva, en consideración de que los individuos poseen el potencial para la cohesión fenotípica a través de mecanismos intrínsecos de cohesión, como lo son 1) la intercambiabilidad genética y 2) la intercambiabilidad demográfica. Las ventajas de esta nueva definición se manifiestan en:

- Linajes evolutivos que limitan las fronteras poblacionales por acción de fuerzas microevolutivas, selección natural y deriva génica.



© Anamaría Ashwell, *El piano* (detalle), 2005.

- Diversos mecanismos de cohesión con base genética pueden tener un rol importante en la definición de una especie.

- Asume que no todas las especies serán mantenidas por los mismos mecanismos de cohesión, por lo que el concepto se hace más inclusivo que exclusivo.

- La intercambiabilidad genética y la intercambiabilidad demográfica no son excluyentes entre sí, y permiten analizar a ambos tipos de especiación (simpátrica y alopatrica) dentro de la perspectiva evolutiva de la especie.

- Dentro de este concepto, se entiende por especiación al “proceso por el cual nuevos sistemas genéticos de mecanismos de cohesión evolucionan dentro de una población”,¹² pudiendo considerarse este proceso análogo al proceso de asimilación genética de fenotipos individuales en una población.

Los conceptos de especie expuestos nos permiten tener una idea más precisa de lo que implica un individuo. Sin embargo, no todos los individuos que se conocen en la actualidad se ajustan a los conceptos de especie; en el caso concreto de los virus es arriesgado hablar de especies, ya que sus mecanismos de replicación presentan una elevada probabilidad de error que se traduce en una elevada tasa de mutación, así también como el tamaño y la naturaleza de los genomas virales los hacen más propensos a ser hipervariables⁵ y resulta muy ambiguo hablar de especie a un nivel donde la variabilidad intragrupo, e incluso intrageneración, es considerablemente elevada, por lo que eventualmente es más correcto hablar de quasiespecies,^{5,14} tanto desde la perspectiva de la genética de poblaciones, como de la evolución y la selección a este nivel en función de la tasa de mutación y a la aleatoriedad genética de los virus,¹⁴ permitiéndonos tener un panorama más amplio de lo que puede implicar el concepto de individuo.

LA EVOLUCIÓN Y EL INDIVIDUO

La evolución constituye el más importante concepto unificador de la biología,⁴ puesto que la teoría evolutiva explica cómo las poblaciones de organismos han cambiado en el tiempo hasta llegar a ser lo que son hoy en día, y cómo seguirán cambiando a futuro. La evolución orgánica se fundamenta en la evolución molecular, y ésta a su vez, en la evolución química.

Es posible hablar de evolución química desde que los átomos de hidrógeno se fusionaron a elevadas temperaturas para dar lugar en primera instancia al helio, y posteriormente al berilio, al carbono y al oxígeno, y a menor temperatura, a los demás elementos.¹⁵ La formación de los átomos derivó en la asociación de éstos en moléculas inorgánicas, y otras orgánicas de mayor peso molecular, con carácter polimérico, dando origen a proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos. Posteriormente dichas macromoléculas se fueron asociando y formando estructuras más complejas como pequeñas membranas fosfolipídicas, a las que posteriormente se les asociarían proteínas y formarían unidades muy simples, denominadas coacervados, las que presentaban un metabolismo primitivo, y que según algunos autores,^{16,17,18,19}



© Anamaria Ashwell, *Erinia*, 2006.

serían el origen más probable de la vida. Las técnicas moleculares actuales han permitido mejorar el nivel de conocimiento que tenemos de los grupos de organismos vivos. Muchos años de estudio han permitido definir el árbol evolutivo con los tres dominios originados a partir del ancestro universal²⁰ y los análisis de subunidad de RNA ribosómico abren la posibilidad a descubrir nuevos filotipos (a nivel de reino, posiblemente) en los eucariotas,²¹ lo que podría cambiar sustancialmente la idea de individuo que tenemos hoy en día.

La evolución se relaciona con el individuo mediante la adaptación y la selección natural⁶ en los niveles en que ésta puede actuar (genes, organismos o especies²²). Desde la perspectiva de la evolución darwiniana,⁴ la unidad de selección por excelencia es el individuo; sin embargo, Gould y Lloyd²² cuestionan la generalización asumida por el darwinismo a nivel de los organismos, puesto que resulta complejo definir escalas darwinianas en el tiempo y el espacio en función de las adaptaciones de los organismos. Estos autores plantean que es más conveniente pensar en la selección natural en términos de eficacia biológica y no de unidad taxonómica, ya que a lo largo de la historia evolutiva se pueden presentar una serie de adaptaciones emergentes que no necesariamente llegan a fijarse en el material genético y ser heredables a las próximas generaciones,²² y las que tampoco son necesariamente fenómenos de adaptación propiamente dichos, sino que pueden manifestarse como exaptaciones (empleando estructuras preexistentes destinadas a otra función) para generar ciertos niveles de eficacia biológica emergente, como respuesta a efectos en cascada y la modificación/restricción de ciertas interacciones ecológicas, dependiendo en parte, de la influencia del ambiente.²²

Desde la perspectiva del individuo, la variación individual tiene repercusiones a niveles de organización más altos, siempre y cuando sean lo suficientemente importantes como para afectar a nivel de selección grupal. Michod y Nedelcu¹ y Michod *et al.*⁸ proponen que la cooperación y la mediación de conflictos (aplicada de los niveles de organización más altos hacia los más bajos) son procesos muy importantes en la evolución, y que no necesariamente se dan a nivel del individuo.^{1,8,23}

Contrariamente a lo que plantean Solomon *et al.*,⁴ Rinkevich²⁴ plantea que el utilizar al individuo como unidad de selección es ambiguo y controversial; para este autor existen tres visiones fundamentales diferentes bajo las cuales se puede concebir una unidad de selección: el holismo, el minimalismo y el funcionalismo. De la crítica a estas tres visiones, Rinkevich²⁴ define seis tipos de individuo, como unidades de selección, además del concepto clásico de unidad de selección a nivel del individuo (dicha clasificación se encuentra explicada *in extenso* en la referencia original) que cumple con los tres principios fundamentales definidos por Santelices.²

A manera de conclusión, diremos que definir un individuo desde la perspectiva biológica es una tarea compleja y delicada, puesto que son múltiples los puntos de vista planteados, y en cada una de ellos existen diferentes criterios de definición, sin embargo, sigue habiendo muchas excepciones a estos criterios, y no hay hasta ahora una definición de individuo que incluya a todos los seres vivos.

REFERENCIAS

- ¹ Michod RE y Nedelcu AM. (2003) On the reorganization of fitness during evolutionary transitions in individuality. *Integr. Comp. Biol.* 43: 64-73.
- ² Santelices B. (1999) How many kind of individuals are there? *Trends in Ecology & Evolution*. 14(4): 152-155.
- ³ Futuyma D. (1998) *Evolutionary biology*. 3ª edición, Sinauer Associates, Sunderland, p. 763.
- ⁴ Solomon EP Berg LR y Martin DW. (2001) *Biología*. 5ª edición, McGraw-Hill, México, p. 1237.
- ⁵ Cann A. (2005) *Principles of molecular virology*. 4ª edición, Academic Press, Londres, p. 352.
- ⁶ Klug W y Cummings M. (1999) *Conceptos de genética*. 5ª edición, Prentice Hall, Madrid, p. 814.
- ⁷ Madigan M Martinko J y Parker J. (1999) *Biología de los microorganismos*. 8ª edición, Prentice Hall, Madrid, p. 534.
- ⁸ Michod RE Nedelcu AM y Roze D. (2003) Cooperation and conflict in the evolution of individuality IV. Conflict mediation and evolvability in *Volvox carteri*. *BioSystems*. 69: 95-114.
- ⁹ Monro K y Poore AGB. (2004) Selection in modular organisms: is intracolonar variation in macroalgae evolutionarily important? *The American Naturalist*. 163(4): 564-578.
- ¹⁰ Santelices B. (2004) Mosaicism and chimerism as components of intraorganismal genetic heterogeneity. *J. Evol. Biol.* 17: 1187-1188.
- ¹¹ Palma RE y Spotorno AE. (1999) Molecular systematics of marsupials based on the rRNA 12S mitochondrial gene: the phylogeny of Didel-



© Anamaría Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

phimorphia and of the living fossil Microbiotheriid *Dromiciops gliroides* Thomas. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 13(3): 525-535.

¹²Templeton A. (1989) "The meaning of species and speciation: a genetic perspective", en D. Otte and J. Endler (eds.), *Speciation and its consequences*. Sinauer Press Sunderland.

¹³Smith RL y Smith TM. Madrid (2001) *Ecología*. 4ª edición, Addison Wesley, p. 639.

¹⁴Wilke CO. (2005) Quasispecies theory in the context of population genetics. *BMC Evolutionary Biology*. 5(44) [online <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/5/44>].

¹⁵Fontúrbel F y Molina C. (2004) Origen del agua y el oxígeno molecular en la Tierra: efecto sobre la biodiversidad. *Elementos*. 11(53): 3-9.

¹⁶Folsome E. Barcelona (1989) *El origen de la vida*. Reverté, pp. 35-36.

¹⁷Haldane JBS. Ney Jersey (1990) *The causes of evolution*. Princeton Science Library, pp.86-87.

¹⁸Oparin AI. Madrid (1970) *El origen de la vida*. Ed. Tecnos, pp. 299-312.

¹⁹Lazcano-Araujo A. México (1989) *El origen de la vida. Evolución química evolución biológica*. Ed. Trillas, pp. 29-31, 39-41, 69-73.

²⁰Woese C Kandler O y Wheelis ML. (1990) Towards a natural system of or-

ganisms: proposal for the domains Archea, Bacteria and Eucarya. *PNAS*. 87: 4576-4579.

²¹Berney C Fahrni J y Pawlowski J. (2004) How many novel eukaryotic 'kingdoms'? Pitfalls and limitations of environmental DNA surveys. *BMC Biology*. 2(13) [online <http://www.biomedcentral.com/1741-7007/2/13>].

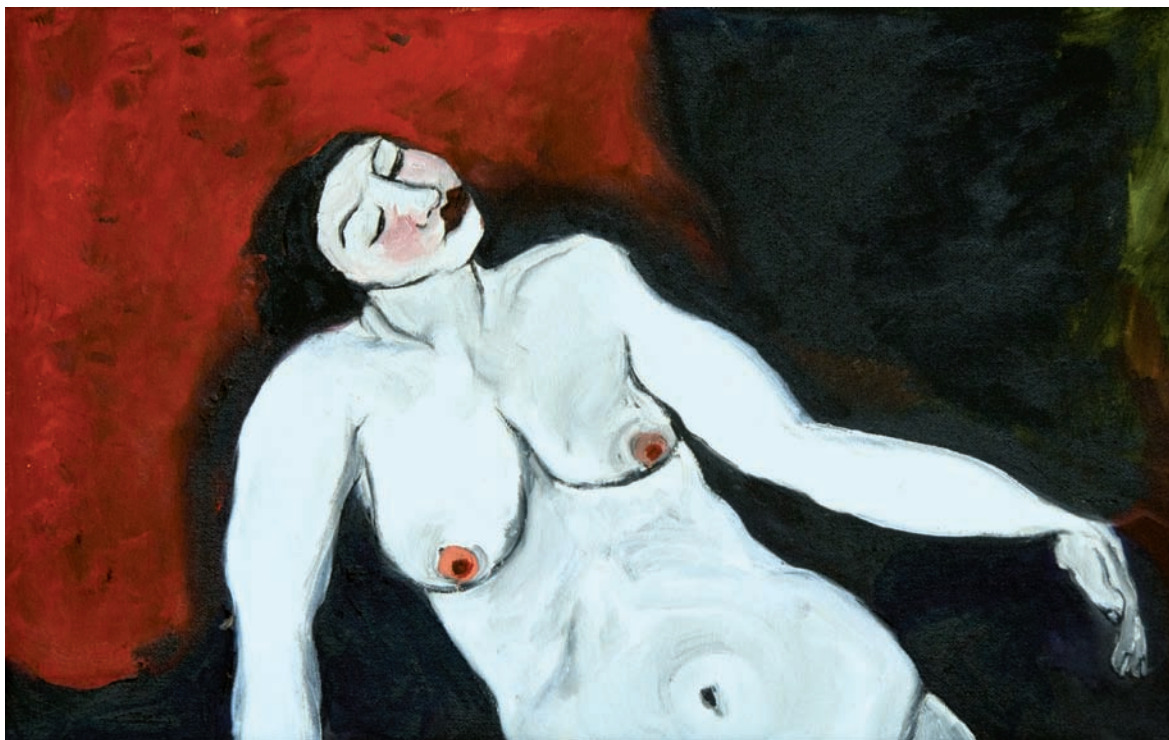
²²Gould SJ y Lloyd E. (1999) Individuality and adaptation across levels of selection: How shall we name and generalize the unit of Darwinism? *PNAS*. 96(21): 11904-11909.

²³Jordan IK Wolf YI y Koonin EV. (2004) Duplicated genes evolve slower than singletons despite the initial rate increase. *BMC Evolutionary Biology*. 4(22) [online <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/4/22>].

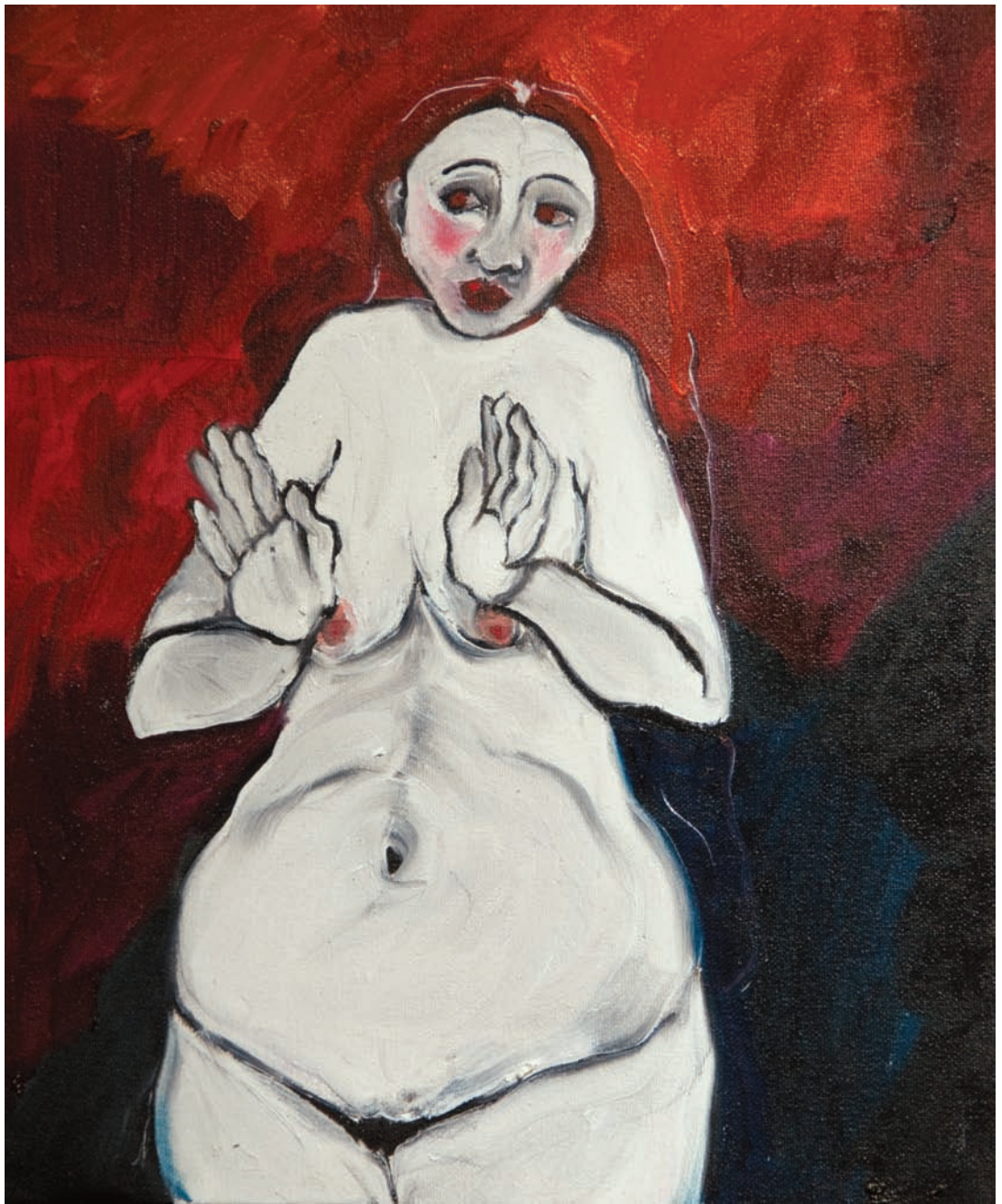
²⁴Rinkevich B. (2000) A critical approach to the definition of Darwinian units of selection. *Biol. Bull.* 199: 231-240.

Francisco E. Fontúrbel
Laboratorio de Vida Silvestre,
Universidad de Los Lagos, Chile.
email: fonturbel@gmail.com

Carla V. Barriga
Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
Universidad Loyola, La Paz, Bolivia.
email: carlabarriga@yahoo.com



© Anamaría Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.



© Anamaría Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

La mentalidad SINTAGMÁTICA *versus* la TRADICIÓN

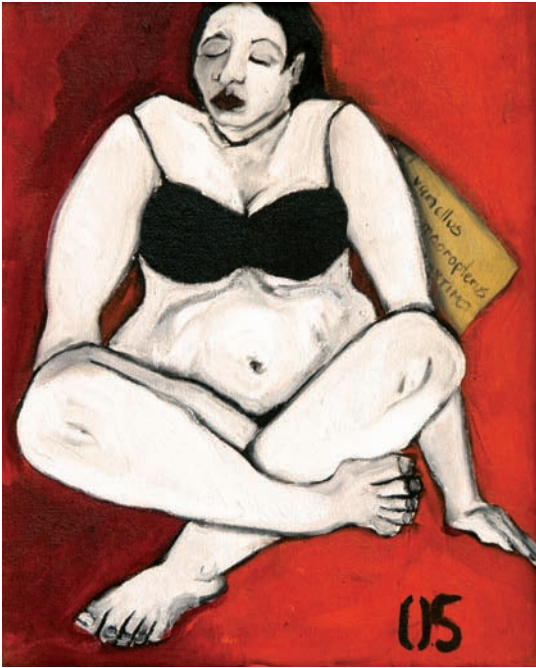
Reflexión sobre la mente libre

Alberto **Carrillo Canán**

En esta presentación cuestionaremos el presupuesto acríti-
co de lo que el teórico de la narratividad cinematográfica Chris-
tian Metz llama la “mentalidad sintagmática”. Como la expresión
“mentalidad sintagmática” lo sugiere, el problema del que nos
ocuparemos aquí es un problema de filosofía de la mente. De he-
cho nos enfocaremos en una peculiar estructura de la mente que
en realidad es la estructura de la mente occidental en tanto es-
trutura de la libertad intelectual. Por otra parte, debemos hacer
explícito el que el centro de nuestra exposición no será la críti-
ca de Metz –tal crítica ya la publicamos en un artículo de muy
reciente aparición en la revista argentina *Nuevo Itinerario*. Hare-
mos referencias a Metz pero nos centraremos en el muy desta-
cado lingüista Roman Jakobson. Nuestra crítica cubrirá tanto a
Metz como a Jakobson y más allá, a una muy amplia gama de
pensadores que explícita o implícitamente, también presuponen
la “mentalidad sintagmática” y que, con ello, nos atrevemos a
afirmar, no sólo pierden de vista el fenómeno histórico de la mente
en tanto mente libre sino que al mismo tiempo enneguecen fren-
te a la especificidad de la mente en tanto mente sojuzgada por la
tradición, por el mito.



© Anamaría Ashwell, de la serie *Efimeras como sombra*, 2006.





© Anamaría Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

EL SINTAGMA FÍLMICO Y LA PROSA

Empecemos por decir qué es lo que Metz entiende por “mentalidad sintagmática”. Tal mentalidad sería la que pone en juego el cineasta cuando concibe u organiza su película con base en dos operaciones. La primera consistente en cortar o fragmentar su material fílmico en unidades llamadas secuencias, la segunda consiste en combinar dichas unidades en secuencias más largas, hasta obtener el filme en su totalidad. Las combinaciones de unidades o fragmentos son lo que usando una expresión de los lingüistas Metz llama los “sintagmas” cinematográficos. El filme mismo una vez terminado es una combinación de sintagmas, el sintagma máximo. De acuerdo con esto, la “mentalidad sintagmática” es una doble mentalidad o, si se prefiere, una mentalidad con dos operaciones: una la consistente en tomar un todo para fragmentarlo en unidades y la otra la consistente en combinar las uni-

dades o fragmentos resultantes para obtener una nueva unidad o totalidad compuesta. Metz dice que así procede el cineasta y lo ubica como expresión de toda una época en la que se trabaja construyendo entidades como combinación de unidades prefabricadas. El mismo Metz nos pone los ejemplos de los andamios tubulares, de los juegos de trenes eléctricos, a lo que nosotros podríamos agregar los mecatronos, los legos, etcétera, casos en los que claramente se tiene unidades para ser combinadas. En resumen, la mentalidad sintagmática es una mentalidad que procede por fragmentación de un todo para después reconstruir otro todo mediante una combinación o permutación de las partes.

Ahora bien, con tal idea lo que Metz hace es aplicar al caso de la obra cinematográfica los modelos desarrollados por la lingüística para definir el objeto poético en tanto objeto artístico. Metz, en efecto, parte de considerar que la mera reproducción fílmica de la realidad, por ejemplo en el reportaje o en la película educativa prácticamente sin edición, es algo que no es artístico, algo que solamente es un análogo bidimensional, sobre la cinta de celuloide, del proceso real tridimensional que se filma. Tal copia fílmica de la realidad sería lo que corresponde estrictamente a la expresión “filmografía”, es decir, corresponde a un graficar algo mediante la luz sobre la película fotosensible, pero no sería arte. En este punto Metz recurre a ideas básicas desarrolladas por los lingüistas, en especial por Roman Jakobson, quien antes que Metz se había preguntado en dónde radicaba la poeticidad de la poesía, es decir, el carácter artístico de la obra de arte lingüística por excelencia. Jakobson llegó a la conclusión de que en la obra poética el lenguaje no se ocupa de algún posible referente, es decir, de la realidad fuera del lenguaje, sino, muy por el contrario, de sí mismo. El reportaje, la historia, la biografía, un tratado de biología, digamos, tienen un referente, el lenguaje está utilizado ahí de manera referencial, no de manera poética. Por el contrario, en una poesía no tiene sentido preguntar a qué realidad se refiere la poesía.

En la poesía lo que interesa son la “musicalidad” del poema, es decir, la rima, el ritmo, que es, justamente lo que da la base de la versificación y, por otro

lado, también interesa —más o menos, dependiendo del género poético— el juego de los significados, de las evocaciones y las connotaciones. La versificación y la evocación son un juego del lenguaje consigo mismo, libre de toda constricción referencial: el poema no tiene ninguna pretensión de referirse a ninguna realidad. Así, en un poema lírico, en el que se da paso a los sentimientos más íntimos, no tiene caso en lo absoluto el preguntarse si el poema está hablando de los verdaderos sentimientos de alguien real.

Ahora bien, el cineasta juega con sus escenas y con sus secuencias en cierto sentido de la misma manera que lo hace el poeta. Así como la palabra “amor” en una poesía no tiene por qué referirse a ningún amor real, así una toma cinematográfica no tiene por qué ser ningún documento filmográfico de nada. Similarmente, las combinaciones o versificaciones en la que aparezca la palabra amor son tan libres como el montaje en el que aparece una secuencia de un cineasta. Al rechazar la obra meramente filmográfica o documental, Metz está aplicando al pie de la letra los criterios jakobsonianos del lenguaje poético como lenguaje no referencial. Lo importante aquí es, entonces, que la mente sintagmática no aparece por primera vez como la mente del cineasta, sino, en todo caso, como la mente del poeta y, para ser más precisos, en realidad sería la mente del hablante, del hablante sin más. Por lo menos así es como veremos que son las cosas para Jakobson.

En efecto, lo que hace el poeta, la selección de palabras —él las encuentra en el lenguaje, no las crea como sí lo hace el cineasta con sus imágenes— para luego ser combinadas, en realidad tiene su base en lo que hace el hablante prosaico.

El hablante prosaico, cuando quiere referir, digamos un suceso, echa mano de un reservorio de palabras que encuentra ya dadas en el lenguaje; por ejemplo, él puede decidir si va a hablar de un equino, de un caballo o de un corcel, entre otros posibles sinónimos, de ahí toma un vocablo considerándolo una unidad que una vez seleccionada va a combinar con otros vocablos, por ejemplo con una de las palabras veloz, raudo, rápido, ligero, o algún otro sinónimo, para llegar, digamos, al sintagma “caballo ligero” o al sintagma “corcel veloz”. En este caso el hablante está describiendo un hecho y no se preocupa mayormente de la

versificación ni de los posibles juegos de las connotaciones y las evocaciones.

No obstante él está aplicando algo muy similar a la mentalidad sintagmática de Metz con la salvedad de que el hablante no crea las unidades como el cineasta crea sus imágenes; el hablante encuentra sus unidades predispuestas como palabras del lenguaje.

Vemos pues que dejando de lado la cuestión de la poeticidad de la poesía o del carácter artístico del cine, lo que hacen tanto el poeta como el cineasta tiene como modelo básico lo que hace el simple hablante prosaico: la combinación en algún orden de unidades lingüísticas, de palabras, para llegar a sentencias, declaraciones e, incluso, a un discurso completo, recogido, digamos, en un reporte, una crónica, un libro o hasta en una obra en varios volúmenes.

Todos estos casos, empezando por nuestras expresiones “caballo ligero” y “corcel veloz”, pasando por el reporte, el libro y hasta llegar a la obra en varios volúmenes, se basan en la selección de unidades del léxico lingüístico y su combinación —de acuerdo con ciertas reglas sintácticas.

Todo esto se resume en la selección y la combinación de unidades lingüísticas. Tal sería el modelo primitivo de la “mentalidad sintagmática”.

Tanto Metz como Jakobson parten del lenguaje y suponen una mente o, si se prefiere, un estado de la mente que se expresa como la doble capacidad lingüística consistente en seleccionar las unidades lingüísticas para luego combinarlas arrojando sintagmas. Lo problemático es aquí el suponer que toda mente humana puede hacer eso, que lo normal es hablar como habla el hablante prosaico porque dicho hablante tiene una mentalidad sintagmática.

Este supuesto no solamente es inocente sino que hay argumentos muy sólidos que apuntan en el sentido de que tal cosa como una mentalidad sintagmática es algo que solamente es propio o característico de lo que se llama el Occidente, que en realidad sólo es una parte de la humanidad y, visto, en términos históricos, una parte minúscula de la humanidad que apenas cubre con su existencia el periodo que corre de la Grecia clásica hasta nuestros días, y eso muy imperfectamente.



© Anamaría Ashwell, de la serie *Imágenes*, 2007.

Para entender la problemática con la que nos confrontamos resulta muy conveniente echar mano nuevamente de Jakobson.

LA MENTE SINTAGMÁTICA Y LA AFASIA

En un famoso artículo titulado *Dos aspectos del lenguaje y dos tipos de perturbación afásica* (1956) Jakobson hace corresponder dos tipos de incapacidad verbal con dos tipos de deficiencias mentales, estas deficiencias son la incapacidad o perturbación de la similitud y la incapacidad o perturbación de la contigüidad. En la primera de estas deficiencias verbales, la perturbación de la similitud, dada una palabra, por ejemplo, caballo, el paciente es incapaz de seleccionar un sinónimo por el cual sustituirla, por ejemplo, corcel o equino; incluso, si se señala hacia un objeto o se muestra un imagen del mismo, el paciente es incapaz de nombrarlo. De hecho, el paciente es incapaz de preferir una palabra aisladamente. Por ejemplo, no puede decir la palabra lluvia a menos que realmente esté lloviendo. De hecho el paciente utiliza las palabras solamente en algún contexto real o verbal. Así, un afásico de similitud no pue-

de, por ejemplo, decir cuchillo, sino que tiene que decir "cuchillo para pan" o "afilador de lápices", "pelador de manzanas" o "cuchillo y tenedor". Se reporta un caso especialmente significativo en el que al pedido de que el paciente dijera "no" él respondía "no, no puedo decir no". Lo realmente importante para nosotros de esta situación es que en el caso de la afasia de similitud resulta imposible substituir una palabra por otra similar porque el paciente no puede utilizar palabras sueltas, las tiene que utilizar, necesariamente en un contexto. Nótese que un paciente tal tiene una mente que carece de la capacidad de fragmentación que es el primer rasgo de la "mente sintagmática". Un paciente tal no tiene mente sintagmática simplemente porque no posee la primera de las capacidades que la distinguen, a saber, no puede manejar unidades lingüísticas aisladas. Pasemos ahora a la otra perturbación afásica, la de la contigüidad.

En el caso de la perturbación verbal de la contigüidad lo que el paciente no puede hacer es combinar las palabras, no puede organizar unidades lingüísticas simples en unidades mayores. Presenta agramaticismo, es decir, tiene dificultades para ordenar las palabras. Esto se expresa en que las palabras con una clara función sintáctica tales como las conjunciones o las preposiciones, los pronombres y los artículos, desaparecen de

su vocabulario, de tal manera que pierde la capacidad de construir oraciones y de conjuntarlas en un discurso.

El resultado son oraciones de tipo infantil consistentes en una palabra, las más de las veces ni siquiera declinada. Por ejemplo, en vez de decir “estoy comiendo” un paciente tal diría “comer”. En general no puede distinguir formas verbales derivadas, por ejemplo, de “café” no puede pasar a “cafetera”, de “la” no puede pasar a “las”. El lenguaje de tal paciente se queda en sonidos simples, como “la”, en expresiones de una palabra como “comer” y en declaraciones que solamente consisten de una oración, es decir, no pueden construir ni una cláusula ni menos aún un discurso. Nótese que un paciente tal tiene una mente que carece de la capacidad de permutación o de combinación que es el otro rasgo distintivo de la “mente sintagmática”. Un paciente tal no tiene mente sintagmática porque no posee la segunda de las capacidades que la distinguen, a saber, dada una unidad lingüística aislada no puede combinarla.

LAS SOCIEDADES ARCAICAS Y LA AFASIA

Ahora bien, lo importante de la discusión anterior es que el uso del lenguaje en las sociedades arcaicas presenta rasgos similares a los de la afasia. Justamente una de las principales tesis de lo que se conoce como la teoría de la oralidad primaria, es decir, de la comunicación verbal en condiciones prealfabéticas, consiste en que la comunicación verbal arcaica, dada la carencia de registros escritos, requiere del uso eficiente de la memoria, lo cual exige que las palabras siempre se utilicen en combinaciones o “fórmulas”, es decir, en un contexto verbal. Por ejemplo, nunca se dice “guerrero” sino siempre se dice “oh, noble guerrero” o “valeroso guerrero”; similarmente, en una comunicación verbal cualquiera nunca se habla del guerrero sin más sino que la expresión siempre aparece en una combinación fija de fórmulas, una referida al guerrero, otra al ejército, otra a la batalla, etcétera, de tal manera que bajo ningún concepto se utilizarían las expresiones “guerrero”, “ejército” o “batalla” aisladamente, sino en una combinación fija de fórmulas tal como “el valeroso guerrero dirigía al gran ejército hacia la batalla formidable”. El lenguaje arcaico se basa en fórmulas como esta, que se repiten de manera incesante, ritua-

lizada. Como en el caso del afásico que declaraba que no podía decir “no”, el hombre arcaico no podría decir “guerrero” así, simplemente, ni tampoco “ejército” ni “batalla”. Aclaremos que en el caso del hombre arcaico no se trata de una perturbación mental, en el del afásico tal como lo conocemos nosotros sí, ya que este recorre el camino inverso al que recorrió como niño, pasando de poder utilizar una palabra a poder utilizar sus sinónimos, pasando de utilizar la expresión en un contexto existencial definido, por ejemplo cuando veía llover, a poder hablar de lluvia en ausencia de la lluvia e, incluso, a decir la palabra de manera totalmente aislada. En otras palabras, en la sociedad moderna estamos entrenados para poder utilizar las palabras aisladamente, para poderlas fragmentar de cualquier discurso en el que aparezcan con el objetivo de llegar a concebirlas como unidades aisladas totalmente autosubsistentes. Eso es lo que hacemos no tanto al hablar sino especialmente al escribir. Muy por el contrario, el uso de la memoria para preservar los mensajes verbales en la sociedad arcaica —no había otra manera de hacerlo ya que no había registros escritos— impedía el posible desarrollo de la capacidad de manejar las palabras aisladamente, fuera de las fórmulas ritualizadas del habla mnemotécnica.

Resumamos lo anterior diciendo que para el hombre moderno, entrenado en la escritura alfabética, toda palabra aparece como lo que Jakobson mismo llama una “forma libre”, pero para el afásico de similitud no hay tal cosa, toda palabra se convierte en una “forma ligada”, a saber a otras palabras en fórmulas de diferente tipo y longitud. Con esto mismo podemos pasar al segundo aspecto del habla arcaica que aquí nos interesa.

Si bien el hombre arcaico no utiliza palabras sueltas sino siempre fórmulas ritualizadas, tampoco estas fórmulas son, siguiendo la terminología de Jakobson, “formas libres”. También las fórmulas carecen de posibilidades combinatorias libres como las que tienen el hablante en prosa, el poeta y el cineasta contemporáneos. Ciertamente, en las sociedades arcaicas —prealfabéticas— la gente utiliza muchas fórmulas combinadas, pero estas fórmulas en general no se refieren a situaciones novedosas. Sucede, a saber, que la vida

en las sociedades arcaicas es obsesivamente repetitiva, todo se hace todos los días de la misma manera, tal como está codificado por el mito, que es un conjunto de tradiciones expresadas verbalmente. El antropólogo y estudioso de las religiones Mircea Eliade da ejemplos de esto mostrando que en las tribus o comunidades arcaicas normalmente están codificadas por la tradición cosas como la manera en la que se debe orinar, la manera en la que hay que matar a un animal determinado con un palo, los colores y los adornos que se deben utilizar en cada situación, etcétera. En otras palabras, todo lo que los miembros de una comunidad arcaica dicen queda articulado en un conjunto de “relatos” repetitivos que son sus mitos en tanto expresión verbal de la tradición. Y el cumplimiento de la tradición no es algo que sea una opción para el individuo; es, por el contrario, una obligación. Esto quiere decir que si bien en las sociedades arcaicas no hay agramaticismo, lo que sí hay es un gran conjunto de fórmulas fijas en relatos igualmente fijos como tradición verbal. Es decir, a diferencia del afásico afectado por la perturbación de contigüidad, el hombre arcaico no usa palabras aisladas, sino solamente palabras en combinaciones mayores o menores, pero tales combinaciones no son libres, es decir, no son sintagmas en un sentido propio porque dicho hombre no decide qué y cómo combina. Las combinaciones están dictadas por las verbalizaciones de su tradición, es por esto que aunque para nosotros dichas combinaciones aparezcan como sintagmas y combinaciones de los mismos, en realidad no lo son.

La verdadera mente sintagmática supone la capacidad de aislar las unidades y de combinarlas libremente; las unidades son, insistimos en ello, “formas libres”, que es justamente lo que no son las palabras en condiciones de oralidad pura. El hombre arcaico utiliza las combinaciones que son los relatos tradicionales y que cubren todos los aspectos de su vida, pero dichas combinaciones no son sintagmas.

CONCLUSIÓN

La conclusión de todo esto para el problema de la mente es que la “mentalidad sintagmática” presupone un

hombre que puede hablar en prosa gracias a que es capaz de utilizar las unidades lingüísticas por separado y también de combinarlas libremente. Según la teoría de medios –que es el marco conceptual más amplio en el que se ubica la teoría de la oralidad primaria a la que nos hemos referido– los hombres arcaicos, al no haber pasado por el entrenamiento psicológico de la escritura alfabética, no desarrollan realmente las capacidades verbales de fragmentación y de libre combinación verbal. Pero esto quiere decir que no las desarrollan en absoluto, ni para la verbalización ni para nada más. En el fondo de esto está el problema de la libertad en su nivel más básico, a saber, el del individuo intelectualmente libre frente a la inercia mental constituida como la tradición del grupo.

En síntesis, el hombre sintagmático es una forma histórica especial de la conciencia, propia de Occidente, generada con base en el desarrollo y la mayor o menor profundización de la alfabetización, ya que ésta es el entrenamiento fundamental para tomar un todo, fragmentarlo en unidades y, luego, recombinar o recomponer estas unidades libremente, al margen de cualquier inercia mental.

El hombre sintagmático del que parten tanto Metz como Jakobson es un supuesto injustificado fuera del contexto de la occidentalización, es decir, del contexto de la libertad intelectual, que empezó con el paso de la Grecia arcaica a la Grecia clásica gracias al desarrollo del alfabeto. Platón y Aristóteles, los escritores de narraciones y de tratados, son los primeros exponentes de la mente sintagmática, creadora de la filosofía, de la democracia, la introspección o autoconciencia, el arte y la imaginación por oposición a la alucinación y el rapto míticos.

Por lo demás, hay que ser conscientes de que el Occidente acaba ahí donde la gente es analfabeta, ahí donde superviven condiciones arcaicas que hacen que la gente aún organice su comunicación y su conocimiento con base en dichos y refranes, canciones y mitos de todo tipo, ahí donde el ser humano es presa de la tradición como estructura de la mente, donde no existe la mente como estructura básica de la libertad.

**Alberto Carrillo Canán, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades “Alfonso Vélaz Pliego”,
buap. email: cs001021@siu.buap.mx**

Carta a la REDACCIÓN

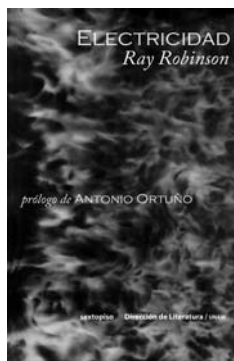
El antropólogo Julio Glockner escribió un artículo que publicó *Elementos* (número 69) en el que elogia la ingestión ritual de hongos alucinógenos –o “enteógenos”, para darle gusto– y al chamanismo mazateco. Sobre ese artículo escribí una crítica que también publicó *Elementos* (número 70), y en el siguiente número (71) Glockner me responde airado con otro artículo titulado “*Dinosaurios y pajaritos*”. Supongo que quiere sugerir que yo soy el dinosaurio y él el pajarito. Si fuese así, le doy las gracias. Siempre me han fascinado los dinosaurios.

El antropólogo Glockner responde a mi crítica con diatribas y argumentos que para mí no tienen fundamento. No pienso hacer lo mismo y no tengo más que decir. Sólo reitero mi respeto por la cultura mazateca y por la ingestión de esos hongos. Que le aprovechen a Glockner, si fuese el caso, aunque no sea mazateco. Si los lectores que hayan leído los artículos referidos quieren tomar partido, pues que lo tomen.

A quienes hacen *Elementos* les deseo un breve año nuevo. Que acabe pronto, pues parece que viene bastante malo para la mayor parte de los mexicanos.

Julio Muñoz

Libros



ELECTRICIDAD

RAY ROBINSON

Sexto Piso y Dirección de Lieratatura-UNAM, 2008

No soy epiléptica, *tengo* epilepsia. Esta aseveración, pronunciada con la furia eléctrica que habita en Lily, la protagonista de este libro, es una de las múltiples puertas de entrada a una historia, jamás mejor dicho, deslumbrante. Una novela donde la enfermedad es presente cotidiano, la búsqueda convierte al pasado en futuro inmediato y las relaciones humanas se enfrentan a su condición determinante: la ruptura constante y repetida que antecede a la reconstrucción.

Aunque se ha dicho hasta el cansancio que leer es habitar un espacio diferente, encontrar un libro que encierra al lector en los acontecimientos narrados es tan extraño como doloroso, más cuando se trata de vivir una enfermedad que no nos ha sido destinada, padecer la urgencia de una investigación que de testigos nos convierte en cómplices, experimentar la dualidad amor-odio que gobierna las relaciones de Lily con los otros, pasear por un Londres que se come a sí mismo y a sus habitantes, deambular por los pasillos de hospitales que parecen cementerios. Ray Robinson, en su primera novela, ha logrado lo que tantos escritores buscan durante toda su vida: entregar a sus lectores una experiencia sinestésica, una historia absoluta. Hacernos sentir las descargas de energía que recorren la piel en un ataque, inmovilizar los brazos y las piernas, descontrolar el castaño de nuestros dientes, deslumbrarnos con la luz blanca y destellante que lo gobierna todo mientras la electricidad toma posesión de nuestros cuerpos.

Esta escritura es tan vívida y poderosa que en verdad "grita BUU en tu alma" (¡me encanta esa frase!). Al canalizar la voz de su epiléptica ángel-demonio, la inolvidable Lily O'Connor, Ray Robinson ha escrito una novela que ruje contra la vida con tanto vigor que se convierte en una especie de radiante y dulce trascendencia. ¿Cómo logra esto Ray Robinson?, siendo una de las plumas jóvenes más talentosa, audaz y fresca.



LA FRAGUA. UN VIAJE AL INTERIOR DE LA BIBLIOTECA.

HUGO DIEGO

Ed. Educación y Cultura y Universidad Autónoma de Puebla, 2008.

He usado la palabra paseo para hablar de mis visitas a la biblioteca. Pienso que es la palabra justa. Josep, célebre paseante, decía que le gustaba recorrer el mundo, llegar a una ciudad desconocida, dirigirse al hotel, tomar un baño, vestirse y salir a la calle al azar, a curiosear. Y curioseando es como he encontrado libros importantes en mi vida como lector. Así di con las *cartas edificantes y curiosas escritas en el siglo XVIII por los ministerios jesuitas* y con el espectáculo de la naturaleza del abad Pluche. Para una académico, estos libros forman parte de la historia de la ciencia y la etnografía; para mí, son libros de literatura. Reconozco que contiene parrafadas que no disfruto del todo, aquellas que son presa de cierta retórica eclesíástica que me dice poco, pero al final advierto el templado azar que me permite encontrar el eco de Séneca o Marco Aurelio en un autor que escribió hace más de doscientos años y cuyos libros intonsos aún esperan un lector. También me he topado con libros fantasmas. Me explico: curioseando por la biblioteca llegué a encontrar párrafos o páginas que atrapaban mi atención. Y al día siguiente, cuando busqué en el lugar que estaba seguro había dejado el libro, no lo volví a encontrar. O encontraba el libro y no la página. O encontraba la página y no el párrafo. Líneas que se perdían y que nunca más volvería leer. Algunas veces anotaba en un pequeño cuaderno rojo el título del libro y su ubicación, otras ocasiones anotaba las frases que me emplazaba. Tenerla escrita en mi cuaderno era la prueba de que el libro no era un fantasma. Si existía. Pero en muchas ocasiones, incluso así, el libro se escondía. Alguna tarde encontré un libro salpicado de anécdotas propio de una pluma sagaz. Precipitadamente copié lo siguiente: "y se repitió el casico curioso de aquella púdica, que sorprendida de repente por su galán, en la postura de cierta natural evacuación, queriendo afectar que estaba sentada, se sentó deveras, y muy de plano sobre la mala cosa: el mozueto, que era bellaco, y algo arriscado de narices, conoció al punto el engaño, y asiéndola blandamente del brazo, la levantó, diciéndole con ternura picaresca:

¿Para qué encubrir la cosi-cosa,
Sí así te ensucias más, querida Rosa?"