

LAS FERORMONAS Y EL FUNCIONAMIENTO DE LAS SOCIEDADES ANIMALES

Desde hace ya bastante tiempo los zoólogos estudian el modo por el cual los animales viven en grupos o se organizan en sociedades. Se han hecho investigaciones acerca de los medios que los individuos utilizan para comunicarse en el interior de esos grupos o de esas sociedades. Primero se tuvo conocimiento de las relaciones auditivas, visuales y táctiles: resultaban éstas de más fácil determinación a los investigadores por su parecido con los medios humanos de comunicación. En los últimos veinte años se ha descubierto paulatinamente el papel esencial que juega en los insectos un medio de comunicación completamente diferente: un sistema de señales químicas emitidas por los individuos de un grupo, dirigidas a los otros miembros, y que sirven para comunicarse entre ellos a fin de provocar ciertos comportamientos o para distribuir o repartir las diversas funciones en el interior de las sociedades organizadas. Tales sustancias son las ferormonas.

Son relativamente escasos los animales que viven en su estado natural en completa soledad. En la mayor parte de los casos, éstos no solamente no son atraídos por sus congéneres, sino que experimentan una repulsión hacia ellos que incluso puede llegar a la fobia. Tal es el caso del grillo campestre que persigue ferozmente a todo otro grillo que vaya a aventurarse en el espacio que él ha barrido cuidadosamente a la entrada de su madriguera. En la China antigua esta particularidad era tan conocida que se seleccionaba a las especies más belicosas para organizar combates cuyo resultado era objeto de fuertes apuestas. En los pájaros, el petirrojo presenta los mismos rasgos de carácter: en libertad, no puede tolerar que sus congéneres invadan su territorio. En cautividad, dos petirrojos encerrados en la misma caja se masacran. Esta necesidad de soledad, acompañada a menudo de la vigilancia celosa de un territorio propio, se encuentra en los peces, el épinoche, por ejemplo, y en ciertos mamíferos, sobre todo en los roedores y los carnívoros.

Otros animales, sin embargo, los más numerosos, no pueden vivir sino entre sus congéneres. Algunos viven en sociedades en las que cumplen funciones diferenciadas con vista a la realización de una tarea común. Otros viven en grupos inorgánicos, sin que haya ninguna regulación social que lleve a cabo un trabajo común. El número de ellos no tiene mayor importancia a este respecto: algunos hormigueros no comprenden más que algunos cientos de individuos y se trata innegablemente de sociedades en el sentido cabal del término, en tanto que las agrupaciones gigantescas de centenas de millones de langostas migradoras que viajan en nubarrones que llegan a pesar miles de toneladas, no pueden ser consideradas bajo ningún punto de vista como sociedades sino como multitudes.

Una multitud no es una sociedad

Hay multitudes y multitudes. Desde el punto de vista etológico, es decir, desde el punto de vista de la ciencia que estudia el comportamiento animal, las agrupaciones de anima-

les son muy diferentes según sea que los individuos que las componen estén o no estén ligados por una interacción o una interdependencia cualquiera. Así, las ranas de un charco; las campañolas, cuyas madrigueras pueden agruparlas por miles, las pulgas de mar aglutinadas alrededor de una fuente de alimentación; las falenas que revolotean por centenas en torno de una luz viva, forman ya sea poblaciones relativamente estables, ya sea agrupaciones momentáneas. En ambos casos los individuos obedecen a estímulos exteriores y ahí reaccionan idénticamente, así se trate del reconocimiento de condiciones favorables para el habitat, de una reacción ante la presencia de alimento o de un fototropismo. No existe ningún lazo entre los miembros de estas poblaciones o de estas multitudes, pero todos reaccionan idénticamente ante ciertos estímulos exteriores.

La vida social de los animales comienza allí donde se produce interacción verdadera entre los individuos. Ya no se reúnen éstos para obedecer a un tropismo, sino que lo hacen por la atracción que los unos ejercen en los otros, a menudo por la necesidad mutua de estar juntos para sobrevivir. Clásicas son las agrupaciones de invernación, tales como las de las mariquitas, de los murciélagos, de los pinzones, de las carpas, de las ranas, por no citar sino algunas. Las agrupaciones de sueño, en general de los insectos, no agrupan en principio más que a un solo sexo: el número de individuos puede variar de diez a varios cientos de miles. Se conoce también las agrupaciones de pacimiento de animales domésticos como las vacas, los caballos, las ovejas, o de animales salvajes, como ese pequeño carnicero de América del Sur que se desplaza en bandas para cazar, el coatí. Muchas agrupaciones se caracterizan por la capacidad para realizar movimientos colectivos de un sincronismo perfecto. El ejemplo más claro de agrupamientos con movimientos coordinados lo constituyen las nubes de saltamontes, los acrididos, migratorios, famosos en la Biblia por haber ayudado a Moisés a liberar al pueblo judío del yugo faraónico. Estos acrididos merecen pasar a la posteridad por razones más científicas que esa, por cuanto han permitido apuntar hacia uno de los fenómenos más singulares de la vida animal, el efecto de grupo.

Hasta las investigaciones proseguidas por el sabio ruso Uvarov entre 1911 y 1928, se pensaba que existían dos especies de langostas migradoras, uno solitario, verdoso, cuyo fondo del protórax es convexo, llamado entonces *Locusta danica*; el otro, gregario, la *Locusta migratoria*, rojo y negro, tiene ese fondo cóncavo. Las diferencias presentadas por las dos "especies" no conciernen solamente a la forma y al color, sino también al tamaño, el metabolismo, la actividad, la longevidad y el apetito. La especie, bajo su forma solitaria, que se encuentra aún en gran número, no es peligrosa, es un saltamontes banal, sometido a tropismos elementales. La especie gregaria, más activa, más voraz, capaz de largos vuelos y capaz de enormes devastaciones que les han dado su fama.

El mérito del sabio ruso estriba en haber puesto en evidencia que las dos "especies" no son más que estados diferentes de la misma especie, la *Locusta danica*, que constituye sólo la fase solitaria de la *Locusta migratoria*. Se debió este descubrimiento a una situación casi fortuita: habiendo colocado larvas de *danica* y de *migratoria*, el científico se ausentó algunos días; a su vuelta, había migratorias en la caja de las danicas; su asistente se defendió de toda negligencia de su parte a este respecto.

La experiencia ha sido reefectuada y ha sido necesario rendirse a la evidencia de que, criadas aisladamente, las *migratoria* negra y roja producen larvas verdes *solitaria*, pero la progenitura de las *Locusta danica*, constituida por larvas verdes, pasa al rojo y negro en dos o tres mudas, es decir, se transforma en *migratoria*, si se la cría en grupos densos en una misma caja. Se sabe ahora cómo ocurre esto en la naturaleza.

En las zonas semidesérticas donde viven las *solitaria*, el alimento se hace a veces, según los ciclos climáticos irregulares, un poco menos abundante. La especie se multiplica. Se desarrollan ciertas tendencias, en particular la de saltar a los árboles donde en poco tiempo se reúnen grandes cantidades de individuos. Es entonces cuando aparece el efecto de grupo. El color de las larvas y las proporciones de los adultos cambian en algunas generaciones, la actividad aumenta, el apetito y la capacidad de vuelo también. La densidad de las bandas aumenta en progresión geométrica y se desencadena la migración. Los vuelos devastadores pueden franquear centenas de kilómetros. Poco a poco, bajo la influencia de parásitos, de depredadores, disminuye el número y se operan los fenómenos de transformación en sentido inverso: las larvas cada vez menos numerosas cambian al verdoso, la actividad, el apetito y la capacidad de reproducción disminuyen y ya no quedan sino individuos solitarios que esperan durante años las condiciones favorables para recomenzar el ciclo.

Solitaria gris, gregaria amarilla

Los estudios de Uvarov fueron retomados más tarde por el P. Rémy Chauvin en otra especie de langosta, la langosta peregrina. El P. Chauvin ha podido comprobar que si el gregarismo es desencadenado por las condiciones climáticas, las modificaciones morfológicas, fisiológicas y psíquicas se deben al efecto de grupo. Comprueba también que el efecto de grupo puede subdividirse en tres: el gregarismo larvario, el gregarismo que se produce en los insectos adultos ante la vista de otros individuos (gregarismo imaginal) y el gregarismo sexual, que se produce, por supuesto, por atracción sexual. Las larvas cambian de color según estén aisladas o agrupadas. La vista juega un papel importante, por cuanto una larva solitaria colocada en una botella cerrada en medio de las gregarias se vuelve negra como ellas.

Igualmente intervienen otras excitaciones, por cuanto en la oscuridad las solitarias puestas en contacto con gregarias se vuelven gregarias a su vez. El gregarismo imaginal se manifiesta en los machos adultos solitarios. Toman éstos el color amarillo limón de los gregarios cuando se les cría en grupo, pero permanecen grises en estado aislado. La sección de las antenas retarda considerablemente, o bien absolutamente, la gregarización. Por fin, la gregarización modifica las condiciones de reproducción: las hembras solitarias producen cada vez más larvas gregarias cuando el macho permanece más largo tiempo en contacto con ellas, o si los acoplamientos son numerosos, aun si son espaciados entre una o dos semanas.

Se pensó en un comienzo que el efecto de grupo en las langostas se debía a la excitación nacida de los choques y de los encuentros múltiples de los individuos reunidos en grandes concentraciones. En verdad, la excitación es una consecuencia del efecto de grupo y no su causa. La transformación de las solitarias en gregarias descansa en estimulaciones sensoriales, táctiles y visuales, que inducen a modificaciones hormonales como lo han demostrado las experiencias de P. y L. Jolly. Intervienen aun otros mecanismos en el efecto de grupo. Investigaciones recientes han permitido probar que al menos uno de los aspectos de la transformación de las langostas, la pigmentación de la piel, podía ser realizada sin que hubiera contacto, e incluso sin que hubiera visión, entre los individuos. La pigmentación se provoca entonces por una substancia química volátil secretada por los insectos en cantidades infinitesimales, la que, percibida olfativamente, desencadena un proceso de producción de melanina. Esta substancia es una *ferormona*.

La palabra se compone del radical hormona (del griego *hormao*: yo excito) y del prefijo *phero* (llevo); designa a las substancias químicas secretadas por los individuos de una especie y que son recibidas por otros individuos de la misma especie en los que provocan reacciones específicas. Juegan un papel comparable al de las hormonas en un organismo, estimulan o inhiben comportamientos, frenan o aceleran procesos fisiológicos. Pero a diferencia de las hormonas, las ferormonas no son transportadas por la sangre. Son secretadas exteriormente e influyen a los otros individuos al modificar su medio. Las ferormonas pertenecen a dos grandes tipos: las que actúan al ser comidas (ingestión) y las que actúan al ser detectadas por la olfacción. Las primeras son absorbidas por el lamido y provocan modificaciones fisiológicas, las segundas actúan a distancia sobre el sistema nervioso central por intermedio de receptores sensoriales apropiados.

Las investigaciones proseguidas sistemáticamente durante algunos años han permitido reparar en un cierto número de ferormonas que actúan por olfacción: las substancias de marcaje, las substancias de alarma y las substancias de atracción sexual. Las ferormonas de marcaje sirven a las abejas, a las hormigas o a las termitas, por ejemplo, para abalizar una

pista o para localizar una fuente de alimento. Se ha podido aislar algunas de estas ferormonas, en particular, la substancia de marcaje de una termita australiana, la *Nasu titermes exitiosus*. La ferormona ha sido extraída a costa de una serie de operaciones extremadamente largas y delicadas que comprenden disoluciones, una hidrólisis, dos destilaciones, una de ellas al vacío, tres cromatografías, una de ellas gaseosa, y un análisis espectrográfico, sin contar algunas etapas suplementarias. Finalmente, se ha podido calcular que la ferormona en cuestión, un hidrocarburo de fórmula $C_{20}H_{32}$, representa un cuarto de millonésimo de un pie de una termita, y que es activa en tasas de concentración muy débiles que se sitúan entre los 10^{-8} y los 10^{-5} g/ml; más acá o más allá de esos umbrales las termitas pierden la pista.

Las abejas, las avispas, las termitas, las hormigas y aun otros insectos pueden liberar substancias de alarma en caso de peligro. La hormiga y la abeja disponen también de algunas glándulas que secretan substancias diferentes; así, la abeja secreta un veneno en esos casos en sus mandíbulas y en su glándula. En este último caso, la ferormona se libera en el momento en que ella pica con su dardo. Los apicultores conocen bien el poder que tiene esta substancia para volver furiosa a una colmena, y saben que cuando se ha recibido una treintena de picaduras mejor es alejarse. La ferormona de alarma, liberada entonces en grandes cantidades, literalmente vuelve rabiosas a las obreras.

Esas ferormonas de alarma y de marcaje en general no corresponden a individuos especializados en la colonia. Sucede de modo diferente con las ferormonas de la atracción sexual que actúan por olfacción y sobre todo con las que actúan por ingestión. Estas últimas no existen sino para la reina de las abejas y la de las hormigas y para la pareja real de las termitas. Desde hace mucho tiempo se sabe que en estos insectos sociales las responsabilidades de reproducción están aseguradas por un solo individuo de la colonia, o, en rigor, por una pareja. Los otros miembros de la sociedad cumplen funciones especializadas pero no participan generalmente en la reproducción puesto que sus órganos sexuales están atrofiados. También se hizo notar un fenómeno curioso: cuando la reina muere o desaparece, los órganos de reproducción de un cierto número de individuos comienzan a desarrollarse, lo que asegura la reproducción en lugar de la reina.

De este modo, cuando se retira de una colmena, las obreras comienzan a construir células reales alrededor de una joven larva donde derraman jalea real. Las células reales son destruidas cuando la reina es de nuevo introducida al panal. Lo mismo sucede, muy curiosamente, cuando se introduce una reina muerta: las abejas se estrechan en torno a su cadáver y la lamen con avidez. Este cadáver, aunque tenga años de muerte, detiene el desarrollo de los ovarios de las obreras tan bien como lo haría una reina viva.

Esta experiencia prueba que la acción de la reina se ejerce

por intermediación de un cuerpo químico, presente en la superficie de su cuerpo, la ferormona de la reina. Cuando la reina está presente, las obreras la lamen sin cesar y retransmiten al resto de la colonia la substancia que han obtenido de la reina. En estas condiciones los ovarios de las obreras permanecen pequeños. La falta de ferormona, debida a la desaparición de la reina, se hace sentir en toda la colonia en el plazo de algunas horas. Si la ausencia de la reina se prolonga, los ovarios de las obreras se agrandan, e incluso ponen huevos, y durante ese tiempo se construyen células reales alrededor de algunas larvas jóvenes que permitirán mantenerse a la colonia.

Además de esta ferormona se ha aislado una treintena de substancias en las glándulas mandibulares de las abejas, de algunas de las cuales aún no se conoce el papel que desempeñan. Parece que la ovogénesis es inhibida por un ácido mandibular mientras que otro ayuda al enjambre a formarse cuando una reina deja la colmena con una parte de las obreras.

También se puede pensar que la misma ferormona posee efectos diferentes según las circunstancias: la misma substancia atrae a los machos cuando el vuelo nupcial de la reina virgen y posee la función inhibidora.

La misma inhibición de la ovogénesis se encuentra en las termitas. Cuando se saca a la reina o a la pareja sexuada, la transformación de las larvas se hace mucho más radical que en las hormigas o las abejas: un crecimiento desmesurado de la ovogénesis y de la espermatogénesis las transforma en verdaderas sexuadas funcionales y, sobre todo, se desarrollan esbozos de ojos compuestos, aun cuando las larvas normales son ciegas. Las nuevas sexuadas cambian muy pronto su modo de nutrición. Dejan de comer madera, su alimento normal, la colonia las toma completamente a su cargo y las alimenta por regurgitación.

En las termitas este proceso de regularización es aún más complicado que en las abejas en cuanto que no se trata ya de un solo individuo sexuada sino de un macho y de una hembra a la vez. En los *Calotermes* los dos sexuada reproductores ejercen cada uno una acción inhibidora en los sujetos de su sexo. Pero, también allá, al mirar de cerca, las cosas parecen muy complicadas: si el rey y la reina secretan cada uno dos ferormonas diferentes que impiden la transformación de las obreras en sexuadas de reemplazo, parecen estar también presentes en la cabeza de los machos ferormonas de efecto contrario.

Se han descubierto muchas otras ferormonas que cumplen funciones variadas.

Una de las últimas ferormonas que ha podido ser aislada en

las mandíbulas de las abejas, posee la función de disuadir a las abejas extranjeras de entrar en la colmena. Otra que ha sido descubierta en los pelos de los dos pequeños cepillos colocados bajo del abdomen en una mariposa nocturna, parece cumplir tres funciones: atraer a la hembra, alejar a los machos rivales y probablemente producir una repulsión en dos especies muy cercanas.

También se ha descubierto que las ferormonas pueden jugar un papel de regulación. Las medidas efectuadas en algunas mariposas han demostrado que al aumentar la concentración de una ferormona en la atmósfera, debido a la densidad de insectos presentes, la actividad sexual de éstos tiende a disminuir.

Hablar de concentración a propósito de ferormona puede llevar a confusión: una de sus características es justamente la de poder actuar en cantidades infinitesimales. Se ha visto ya que la cantidad de ferormonas que se puede extraer de una termita no sobrepasa el cuarto de millonésimo de su pie. Para obtener doce miligramos de la substancia de marcaje de la bómbrice hembra, ha sido necesario tratar a un medio millón de individuos. Pero la substancia aislada actúa a partir de la existencia de 10^{-4} microgramos.

Se ha logrado aislar, asimismo, ferormonas que actúan aún en cantidades más pequeñas: 10^{-7} y 10^{-14} microgramos. Parece, entonces, que los receptores de las antenas de los insectos reaccionan ante la presencia de sólo algunas moléculas, e incluso de una sola.

A medida que se le estudia, el papel de las ferormonas se hace más importante. En los últimos años se ha llegado a poner en evidencia el papel que juegan en los mamíferos. Se ha podido probar, por ejemplo, que las ratas machos producen una ferormona que desencadena y acelera el ciclo central en las ratas hembras. Esta ferormona contenida en la orina actúa a distancia a través de los receptores olfativos que transmiten mensajes al cerebro. El cerebro provoca entonces una modificación hormonal de la hembra en la que comienza el ciclo de la ovulación.

En el estado actual de las investigaciones, la producción de ferormonas aparece cada vez más como un fenómeno natural de los animales. Los trabajos efectuados en diferentes mamíferos, en particular en cientos grandes primates, no excluyen del todo la posibilidad de que se descubra un día que los seres humanos, por legítimamente orgullosos que estén de sus lenguajes más o menos consciente y voluntariamente codificados, sean también sensibles, como los insectos, a un lenguaje químico involuntario al que, en cierta medida, obedecen.