

Los estorninos de San Lorenzo, o cómo mejorar la eficacia del grupo*

Joaquín Marro

Curioseaba en unas cajas de libros en mi casa familiar de Huesca cuando apareció esa vieja bobina con varios metros de película de celuloide. Era formato 8 mm, usado en las cámaras de aficionado en los años 60. Luego encontré la cámara, pero no el proyector, y quedé impaciente por descifrar el contenido del inesperado tesoro. Busqué dónde transformar aquello en uno de los nuevos formatos de vídeo y, finalmente, pasé un rato memorable repasando imágenes que llevaban tantos años escondidas. Podéis imaginar: improvisadas actuaciones de familiares ya desaparecidos, bromas de amigos que apenas reconocía, vírgenes, ángeles y profetas sacados de sus pórticos y capiteles románicos,... Fue divertido, sin duda, pero sólo traigo esas sensaciones aquí para subrayar que todavía llamó más mi atención el descubrir que, hace más de cuarenta años, ya me había entretenido en grabar, desde la azotea de un alto edificio, una gran bandada de estorninos evolucionando sin tregua en torno a la cúpula de la basílica de San Lorenzo en aquella ciudad. ¡Esas idas y venidas con elegantes e inesperados dibujos me habían cautivado! Y supongo que me estuve preguntando por su causa. ¿Cómo lo hacían? ¿Con qué fin?

Había olvidado aquél interés mío, pero esa “sesión de cine” me hizo recordar que he seguido luego dedicando tiempo a observar los detalles de parecidas evoluciones en varios lugares. Recientemente, en la popular plaza de la Trinidad en Granada, donde me han hablado de la facilidad que tienen esas aves para imitar voces y otros ruidos del entorno. Los estorninos, y sus bandadas en danza, tienen origen europeo. De hecho, una de sus espectaculares mani-

festaciones ocurre en Roma, por encima de los tejados del Palazzo Massimo, hoy sede del Museo Nacional Romano, donde se han estudiado bandadas que forman desde un centenar hasta cerca de cinco mil pájaros.

Los biólogos conocen bien las costumbres de los estorninos. Saben que, negros o pintos, gustan de anidar en las ciudades, haciéndose entonces sedentarios, y que se les nota al atardecer, algo antes de la puesta del sol, cuando tienden a formar enormes y ruidosas bandadas en constante y gracioso movimiento. También han descrito que los estorninos son capaces de resistir con éxito el acoso del halcón peregrino y de otros depredadores, a pesar de que siempre son más potentes y rápidos que ellos. Se preguntan los expertos, sin embargo, igual que he venido haciendo yo, cómo se las arreglan para coordinarse y volar de ese modo tan característico y, si fuera esto conveniente para su supervivencia u otros menesteres, por qué a veces no vuelan así, y por qué otros pájaros nunca lo hacen. Es algo que ha despertado la curiosidad de muchos, y yo he confirmado, hasta acrecentado, mi antiguo interés cuando he visitado algunos de los casi cincuenta mil enlaces que nos muestra Google al preguntarle “estornino”. Me he encontrado así con textos, fotografías y vídeos detallando conductas sofisticadas [2] que alimentan la sospecha de que los grupos de estorninos saben comportarse como un todo y con las características de un “sistema complejo” [3]. Hoy no sorprende nada esta interpretación en el contexto de la física estadística, pero fundamentarla con seriedad no es tarea fácil. Aun así, y a pesar de que no todas las preguntas pueden contestarse todavía, un reciente estudio de físicos italianos publicado por la Academia de Ciencias de los EE UU, que también ha merecido atención en la revista *Physics World* del Reino Unido [1], acaba de darnos las claves que pueden explicar el comportamiento colectivo de los estorninos. Y es probable que lo que acaba de concluirse sea de aplicación a peces y otros casos.

Hace tiempo que empezamos a comprender cómo hacen las grullas y otras aves migratorias para conservar sus características formaciones en V. Es un comportamiento gregario en el que cada ave sigue a un tiempo cuatro sencillas reglas: mantiene la distancia a las próximas, para evitar colisiones; también las vigila, para seguir la dirección media de la bandada; se acerca a ellas, tratando de ganar el centro y evitar el indefenso flanco exterior; y se mueve al costado de su vecina si ésta limita su campo de visión. Estas dos últimas precauciones seguramente minimizan el riesgo frente a depredadores. Simulando en un ordenador el comportamiento de aves ficticias con estas normas, se



Fig.1. Bandada típica de estorninos, moviéndose colectivamente en uno de los supuestos estados críticos dinámicos que se describen en el texto. Fotografía tomada en el cielo de Roma por un grupo de la Universidad *La Sapienza* como parte de un proyecto del Instituto Nacional para la Física de la Materia [1].

* Versión modificada de la publicada en el *Diario del Altoaragón* el 10 de Agosto de 2010, festividad de San Lorenzo.

comprueba cómo, en efecto, se sigue entonces orden en V, mientras que el grupo evoluciona desordenadamente si no exigimos la última regla.

Las aves también hacen eventuales cambios de liderazgo, y la incidencia del gregarismo en sociología y sus repercusiones en economía ya se han analizado en otros sitios [3]. Ahora interesa notar que esas bandadas de estorninos que han llamado nuestra atención parecen estar en un estado mucho más dinámico y excitable que el de las grullas. Es como si se empeñaran en mantener una susceptibilidad máxima con objeto de poder reaccionar frente a cualquier cambio de intención de los vecinos que, a su vez, reaccionan rápidamente a otros o a las circunstancias de su entorno. Pero ¿cómo se las arreglan para conseguir un estado tan “eficaz”? La respuesta ha venido de una observación cuidadosa, durante años, del sistema en cuestión. Se han analizado muchos datos derivados del estudio minucioso de fotografías 3D obtenidas con cámaras fijas que, grabando sincrónicamente, permitían luego contrastar diferentes tomas hasta llegar a determinar el movimiento individual de cada una de las aves en el escenario [1,4].



Fig.2. Típica formación en V de una bandada de aves en migración.

Confirmando observaciones anteriores, este estudio primero concluye que cada individuo se relaciona solo con unos pocos en la bandada, digamos, sus “vecinos”, definidos más a partir de relaciones topológicas que de la distancia mutua [5]. Pero el comportamiento resultante se sigue de una correlación o relación recíproca que se extiende más allá de esa interacción o acción directa entre vecinos. Así, como en otros fenómenos naturales, pueden distinguirse aquí dos longitudes o distancias relevantes, a saber, la de “correlación” y la de “interacción”. Aunque la primera es siempre mayor que la segunda, no suele extenderse por todo el sistema en los casos más familiares. Es como cuando alguien transmite por teléfono un mensaje a otra persona, y ésta a otra, y así sucesivamente. La interacción es entre interlocutores directos, pero hay una correlación que se extiende mucho más allá, hasta el último que recibe el mensaje sin que haya sido gravemente distorsionado. La magnitud de esta longitud de correlación depende del “ruido” en el sistema, esto es, de la claridad con que el mensaje es transmitido cada vez. La sorpresa es que, en una bandada de estorninos, esa correlación se extiende por todas partes por muy grande que el grupo sea.

Cuando esto ocurre, se habla en física de “correlaciones sin escala”, queriendo indicar así que no tienen un tamaño o alcance característico sino que se notan a cualquier distancia. Si no se da esta circunstancia, unas partes del grupo quedan de hecho aisladas de otras, lo que impide o limita una respuesta global. Cuando no hay escala, sin embargo, el grupo es un todo imposible de dividir en partes independientes, pues el cambio de comportamiento en un individuo influye en el de todos los demás y es a su vez influido por ellos. La información se transmite sin error ni dilación a todos los rincones por lejos que estén, teniéndose una respuesta clara e instantánea.

Pues bien, se ha demostrado que, en el caso de los estorninos, tanto la velocidad como la dirección de sus vuelos están correlacionadas sin escala, de modo que un subgrupo de ellos, quizás advirtiendo un ataque o respondiendo a cualquier otra perturbación o impulso arbitrario, transmitirá inmediatamente y con claridad sus estados de movimiento a todo el grupo. Éste se comporta entonces como un todo compacto, solidario y susceptible.

Esta situación ya se describió hace más de un siglo en física, donde es indicativa del comportamiento que observamos en los *cambios de fase de segundo orden* (o *continuos*), esto es, lo que pasa cuando el hierro se hace imán o un gas se transforma en líquido, por ejemplo. En el transcurso de estos fenómenos –asociados con *ferromagnetismo* y *condensación*, respectivamente– la más pequeña perturbación hace que el sistema se transforme enseguida desde uno de los estados posibles al otro. En condiciones adecuadas, el ferromagnetismo ocurre a una temperatura característica de cada material, llamada *temperatura de Curie*. A temperaturas superiores, el ruido térmico destruye toda correlación. Para cualquier temperatura inferior, el sistema es imán, esto es, muestra *imanación* (una propiedad cuya intensidad se mide por el número de clavitos que es capaz de atraer) de forma tal que las fluctuaciones locales alrededor del valor medio están poco o nada correlacionadas. El sistema es entonces muy poco sensible a cambios en los vecinos. Pero justo a la temperatura de Curie y en

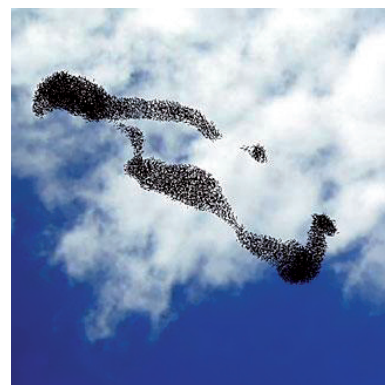


Fig.3. Instantánea de una imagen geométrica que constantemente cambia con el tiempo, obtenida en el mismo proyecto por Hugues Chaté y Franck Raynaud del CEA en Saclay [5] simulando un modelo matemático en una computadora. Los pájaros son aquí partículas que se mueven en el espacio siguiendo sencillas reglas de relación con sus vecinas.

ausencia de otras acciones exteriores –precisamente en ese “punto crítico”, como ha dado en llamarse– todo está fuertemente correlacionado con todo y el sistema reacciona espectacularmente. La espectacularidad es quizá más evidente en el ejemplo del agua. Un litro de agua apenas cambia de volumen cuando se calienta, digamos, de 5°C a 95°C a presión atmosférica normal pero, en su punto crítico (que corresponde a temperatura y presión muy superiores), podemos repentinamente pasar con facilidad de líquido a vapor y viceversa, a pesar de tratarse de condiciones muy distantes entre sí. Esto es, mientras el líquido es un conjunto agrupado y algo estructurado de moléculas, con densidad próxima a la del sólido, el vapor es un conjunto diluido de moléculas prácticamente libres y bastante separadas que, en consecuencia, tiende a extenderse por cualquier recipiente, aunque sea indefinido [3].

En definitiva, un sistema ha de contener la cantidad precisa de (algún tipo de) ruido para producir respuestas máximas que, como las de una bandada de estorninos y quizás también un banco de peces, pueden resultar eficaces para ciertos propósitos. Si la naturaleza necesita esta sensibilidad, parece que propicia la existencia de un punto crítico, donde se da un balance adecuado, como en ferromagnetismo y condensación. La condición crítica requiere a menudo sintonizar la temperatura, que suele ser el parámetro externo que regula el ruido. En el caso de grandes grupos de animales, el parámetro relevante estaría relacionado con la impronta que la evolución ha dejado en sus cerebros para ayudarles a evitar depredadores. Éste parece ser el caso de los estorninos que despertaron mi curiosidad en San Lorenzo.

Referencias

- [1] *Scale-free correlations in starling flocks*, por CAVAGNA, A., CIMARELLI, A., GIARDINA, I., PARISI, G., SANTAGATI, R., STEFANINI, F., y VIALE, M., *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **107**, 11865 (2010) (www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1005766107); *Birds flock with scale invariance*, por TARONI, A., *Physics World*, 6 de Julio 2010 (physicsworld.com/cws/article/news/43118).
- [2] Videos en www.youtube.com/watch?v=IqWngtticAc y www.youtube.com/watch?v=hbsz8_pqYNg (sobre las interacciones entre estorninos y halcones), vxv.tipete.com/video/a7Rdt-C8yWBmP/.html (sobre una bandada de 300.000 estorninos), y astrogaia.blogspot.com/2006/08/bandada-de-estorninos-casi-rompen-un.html (sobre la intrigante interacción con un cedro).
- [3] *Física y Vida – De las relaciones entre física, naturaleza y sociedad*, por MARRO, J., Editorial Crítica, Barcelona 2008 (ergodic.ugr.es/jmarro/FyV).
- [4] *Statistical physics is for the birds*, por FEDER, T., *Physics Today*, Octubre 2007 (ptonline.aip.org/journals/doc/PHTOAD-ft/vol_60/iss_10/28_1.shtml?bypassSSO=1) y angel.elte.hu/starling/.
- [5] *Interaction Ruling Animal Collective Behaviour Depends on Topological rather than Metric Distance: Evidence from a Field Study*, por BALLERINI, M., CABIBBO, N., CANDELIER, R., CAVAGNA, A., CISBANI, E., GIARDINA, I., LECOMTE, V., ORLANDI, A., PARISI, G., PROCACCINI, A., VIALE, M., y ZDRAVKOVIC, V., *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **105**, 1232 (2008) (www.pnas.org/content/105/4/1232.abstract).

Joaquín Marro

*Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional,
Universidad de Granada.*