

Las hormigas y el modelamiento de los sistemas humanos



LUCIANO STUCCHI PORTOCARRERO

PROFESOR DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA EMPRESARIAL DE LA UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO Y ES MIEMBRO DEL GISC-PUCP (GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS COMPLEJOS). MAGÍSTER Y BACHILLER EN FÍSICA POR LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. POSEE ESTUDIOS EN FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS POR EL ICTP (THE ABDUS SALAM INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL PHYSICS) TRIESTE (ITALIA) Y EN SISTEMAS COMPLEJOS EN EL NECSI (NEW ENGLAND COMPLEX SYSTEMS INSTITUTE) BOSTON (ESTADOS UNIDOS). HA PARTICIPADO EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, EN FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTALES Y EN LA ADAPTABILIDAD DEL SISTEMA PERUANO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Es común que quienes vuelan por primera vez sobre una ciudad comenten sobre la impresión que les causa nuestro alborotado ajetreo en las calles, que visto desde arriba, evoca inevitablemente la idea de que “parecemos hormigas”. Lo curioso es que esta inocente pieza de nuestro imaginario común tal vez sea más precisa de lo que pensamos y no se limite únicamente a un factor de escala.

Dentro de la desordenada marcha con que inundamos diariamente las calles suele existir una sincronización que generalmente pasa desapercibida, y que poco tiene que ver con la señalización del tránsito —la cual controla usualmente puntos terminales e intersecciones—, sino que depende más bien de la interacción, local e individual de cada uno de los elementos que lo componen. Es así que en una calle transitada pueden alternarse miles de movimientos simultáneos, entre vehículos y transeúntes, que en muy pocos casos desencadenan en accidentes¹ y no por una especial habilidad personal de maniobrar en condiciones adversas, sino porque obedece a un fenómeno auto-organizado: el cumplimiento individual de reglas simples que, seguidas por miles de individuos, da origen a un comportamiento colectivo ordenado.

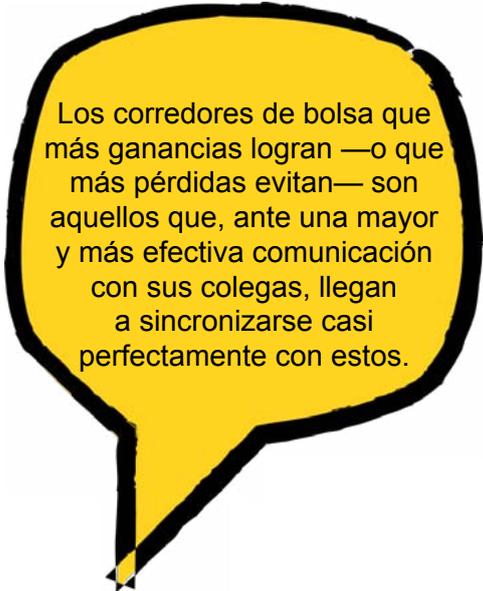
Las hormigas —y termitas— son capaces de manifestar también este peculiar orden, así como los humanos, y de ahí el comentario inicial. Desde su comportamiento más básico como es el de la formación de filas para recolectar comida, hasta casos excepcionales como la construcción de balsas, puentes y muros, estos insectos son capaces de organizar a varios miles de individuos en una tarea específica sin que exista uno solo de ellos que tome el control o asuma el mando del conjunto de manera centralizada. Por el contrario, es por medio de interacciones sencillas mediadas por el intercambio de compuestos químicos (feromonas) y reglas² muy simples (respuestas a los gradientes de dichas feromonas), que emerge un orden en el grupo. Este orden evolutivamente ha resultado beneficioso para muchas especies y por lo mismo ha perdurado en ellas, gracias a la selección natural, por varios millones de años.

¹ Si uno considera la cantidad de movimientos y maniobras potencialmente peligrosos que realiza cuando camina y/o maneja, el porcentaje de estos que efectivamente terminan en un accidente es muy pequeño. Eso no quita que estos diariamente ocurran, no por la probabilidad individual de ocurrir, sino por la cantidad de casos (varios miles de personas y vehículos) presentes en las calles a diario.

² Las que solemos llamar en conjunto instinto.

Muy lejos de los hormigueros y de nuestras calles, en el mismo corazón de nuestro sistema financiero, los corredores de bolsa se enfrentan al siguiente dilema: deben decidir cuándo comprar y vender sus acciones para optimizar sus ganancias al final del día. Para esto la comunicación es fundamental, pues las acciones potencialmente rentables no deben venderse ni muy pronto, ni muy tarde, o no alcanzarán el mejor precio. Y para ello es necesario saber qué es lo que el resto piensa hacer con sus propias acciones. Según un estudio publicado en 2011 en los *Proceedings of the National Academy of Sciences*³, los corredores de bolsa que más ganancias logran —o que más pérdidas evitan— son aquellos que, ante una mayor y más efectiva comunicación con sus colegas, llegan a sincronizarse casi perfectamente con estos.

Lo particular de este ejemplo es que dicha sincronización no se origina por una coordinación pre-establecida y más bien emerge espontáneamente a partir de la comunicación misma —local, inmediata y puntual— entre agentes cercanos. Pero más interesante aún es que este comportamiento refleja exactamente lo que sucede en algunas especies de insectos, como las cigarras cuando estas buscan reproducirse. Estos insectos se enfrentan al mismo dilema, aunque enfocado al más íntimo asunto del apareamiento. Así, una cigarra que se apresure a llamar la atención de una potencial pareja, será presa fácil de algún depredador, mientras que un individuo cauteloso que espere demasiado terminará inmerso en una bulliciosa muchedumbre que lo opacará y de la que se librará solo cuando ya no queden más parejas disponibles. El óptimo en estos casos lo logran también aquellas cigarras que, al mantenerse alertas de lo que hacen sus vecinos más cercanos, logran sincronizarse con estos y forman el primer grupo que se aventura a generar las señales de apareamiento. En conjunto la señal provocada será más intensa y llamará mejor la atención de otras cigarras. Al tratarse de un primer grupo pequeño, la señal no se extenderá lo suficiente como para diluir los esfuerzos individuales en una muy masiva algarabía, pero sí como para distraer a los depredadores de una única víctima.



Los corredores de bolsa que más ganancias logran —o que más pérdidas evitan— son aquellos que, ante una mayor y más efectiva comunicación con sus colegas, llegan a sincronizarse casi perfectamente con estos.

Lo fascinante del asunto es que este tipo de fenómenos —circunscritos a lo que se denomina complejidad— no es exclusivo de los organismos vivos más sofisticados en términos sociales, como humanos, hormigas o cigarras, sino que se extiende a otros grupos de animales, como aves y peces; a plantas, hongos, hasta protozoarios y bacterias; y fuera de los seres vivos a muy diversos sistemas químicos y físicos. Gran variedad de comportamientos aparentemente inexplicables⁴ tienen su origen en esta idea. Lo son así la agregación de bacterias, protozoarios y hongos en cuerpos fructíferos que segregan esporas, proceso análogo a cómo se distribuyen la popularidad de las páginas web o cómo crecen y se comunican las ciudades. También la formación de patrones de colores en las pieles y pelos de los animales, sistema que emula bastante bien la segregación de grupos humanos. O la construcción conjunta de estructuras sofisticadas como nidos, panales, hormigueros y termiteros, cuyas formas de organización encierran la idea central detrás de los nuevos paradigmas de organización no-jerárquica. Y la formación de bandadas y cardúmenes, que reflejan la manera cómo los humanos nos ordenamos en el tránsito, cómo nos deshumanizamos en las estampidas y hasta cómo cambian en el tiempo las modas y las tendencias sociales.

Actualmente existen modelos computarizados para representar este tipo de fenómenos, analizarlos y predecir sus posibles resultados. Estos modelos reducen el sistema a los individuos y a sus interacciones. Los primeros son entendidos como agentes programados para seguir ciertos algoritmos que determinan las relaciones entre sí y con el entorno. Pero la magia del modelamiento se centra en el segundo aspecto, el de las interacciones. Cuando se corre una simulación, se hace interactuar a cientos, miles o hasta millones de estos individuos simultáneamente, una tarea imposible de realizar en nuestra mente o por medio de un sistema mecánico. Y es a consecuencia de esta multitud de interacciones superpuestas que aparece el comportamiento emergente⁵. Poco importa el funcionamiento interno de cada uno de los agentes, pues justamente lo que hace la simulación es manejar los resultados de sus dinámicas internas —cuyo entendimiento y discusión se los deja a otras disciplinas—, como variables que se intercambian. Luego, como resultado de ese intercambio, se obtienen nuevos valores para estas variables y el ciclo se vuelve a repetir, una y otra vez.

3 <http://www.pnas.org/content/108/13/5296.full?sid=4d7ed472-75bd-4fe0-a574-f0088ae34615>

4 Y erróneamente entendidos como una necesaria justificación del diseño inteligente.

5 Muchos de los modelos mencionados aquí y sus respectivas simulaciones pueden encontrarse en: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models>



50 AÑOS TRANSCURRIDOS Y 50 SABERES
PARA COMPARTIR



LA UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO ES UNA
ORGANIZACIÓN LÍDER, ESPECIALIZADA Y
RECONOCIDA INTERNACIONALMENTE, QUE DA
RESPUESTA A LAS NECESIDADES Y DEMANDAS DE
LA SOCIEDAD.

DIRECCIÓN: AV. SALAVERRY 2020, JESÚS MARÍA,
LIMA, PERÚ

TEL. +51 1 2190100

WWW.UP.EDU.PE

Retomando la analogía inicial, cabe mencionar un estudio publicado en 2009 en *Scientific American*⁶ en el cual se demuestra mediante una simulación computarizada que, contrario a lo que podría pensarse, el flujo del tránsito en una red vial congestionada puede mejorarse no mediante el aumento de las rutas, sino mediante su reducción. Detrás de esta inesperada conclusión se esconde un mecanismo de comportamiento que nos pasa totalmente desapercibido. Cuando un conductor viaja por una red vial que conoce de antemano, tenderá a buscar aquella ruta que le resulte más corta. Es lo natural, dado su interés en alcanzar su destino más rápidamente y dado que puede hacerse un mapa mental de por dónde le conviene ir. Pero si todos los conductores coinciden en buscar así su ruta más corta, no necesariamente están logrando el óptimo colectivo, ni haciendo el recorrido más rápido, pues las decisiones individuales pueden estar contraponiéndose sin querer entre sí. Por un lado, salir o entrar de una ruta a otra entorpece el flujo a lo largo de los accesos, del mismo modo que lo hacen los innecesarios cambios de carril. Y los atajos pueden ser avenidas pequeñas que terminan saturándose. Así, reducir algunas vías puede muchas veces evitar eso, obligando a los conductores a seguir rutas que, aunque más largas, pueden terminar teniendo un flujo más rápido para todos. Eso es precisamente lo que ocurre con las hormigas cuando establecen las rutas de acceso a su comida. Estos insectos no son capaces, como nosotros, de decidir individualmente el camino más corto hacia su destino. De ese modo no hay una prioridad individual que pueda entrar en conflicto entre los miembros del hormiguero. En lugar de eso, todo el conjunto refuerza —por medio del intercambio de feromonas— aquella ruta que, según vaya formándose, resulta mejor para todo el conjunto. Así, el gran colectivo de hormigas encuentra la solución óptima a su problema, no a partir del beneficio particular de cada individuo, sino a partir de interacciones locales, inmediatas y desprovistas de toda voluntad.

La gran ventaja, entonces, de entendernos “como hormigas”, por medio de algoritmos y simulaciones, es que permite estudiarnos como al resto de sistemas físicos, químicos o biológicos, explotar la gran variedad de analogías que existen entre estos sistemas y aprovechar las soluciones que ya la naturaleza encontró a muchos de los problemas a los que ahora nos enfrentamos.

⁶ <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=removing-roads-and-traffic-lights>