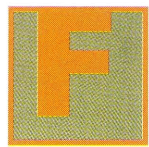




Por: **Luis G. Chica G.,**
Físico, M.Sc.
*Profesor de la Universidad
Nacional de Colombia.
Departamento de Física.
Santafé de Bogotá D.C.,
Colombia*

FÓRMULAS DE ÉXITO EN LA NATURALEZA Y ALGUNAS APLICACIONES SOCIALES



recuentemente se escucha la expresión: **En este medio sobrevive el más fuerte, apto y capaz.** Con ella se indica que somos individuos de una sociedad con intereses que compiten entre sí. Esta afirmación se sustenta en la teoría de la evolución expresada por Darwin, según la cual el equilibrio en un ecosistema se debe a la acción competitiva tanto entre las diferentes especies que lo conforman así como también entre los individuos de una misma especie; de este enfrentamiento sale como vencedor y sobreviviente el mejor dotado. Las conclusiones de Darwin han sido generalizadas por Spencer quien sostiene que la lucha por la vida constituye el único vehículo del progreso humano y el verdadero motor de la historia, al igual que Huxley¹ quien afirma que la lucha de todos contra todos es el factor único de la evolución tanto en las especies animales como en la humana.

Kropotkin² demuestra que la lucha por la vida no es el único factor de evolución, sino que junto a ella, y hasta por encima de ella, se da entre los miembros de la misma especie y, a veces, entre los de especies diferentes una tendencia contraria a la anterior que denomina «la ayuda mutua». Esta conclusión la obtiene del análisis de diversos capítulos de la zoología, de la antropología y de la historia social. Kropotkin estudia el comportamiento de insectos sociales (abejas, hormigas, termitas), el de aves (pelicano, gorrión etc..) y el de mamíferos (en especial los monos) y encuentra que en todos los niveles del mundo animal existe una vida social, la cual inicialmente adopta la forma de colonia y se hace cada vez más consciente a medida que se asciende en la escala zoológica, hasta convertirse, con el hombre, en racional.

Para la sinérgica, ciencia de la acción en conjunto de los sistemas ordenados³, tal acción puede ser: Competitiva, indiferente y cooperativa. El prototipo de la acción competitiva es el de los ecosistemas, el de la acción indiferente es el de poblaciones que crecen en forma aislada, mientras que el de la acción cooperativa es el sistema biológico en el cual las células de un órgano cooperan para lograr el buen funcionamiento de él, y a su vez todos los órganos cooperan para lograr el buen funcionamiento del organismo.

Durante la acción en conjunto hay intercambio de información entre las poblaciones, lo que modifica su estado. La información portada por un mensaje fue definida por Shannon⁴ y mediante esa definición se puede estudiar la información que recibe cada población en cada acción en conjunto.

EN LA ACCIÓN COOPERATIVA DOS
ESPECIES CREAN A LA TERCERA
SI ELLA NO EXISTÍA Y LA
MODIFICA NO SÓLO EN FORMA
CUANTITATIVA SINO TAMBIÉN
CUALITATIVA SI EXISTÍA. LA
POBLACIÓN CREADA O MODIFICADA
EN LO SUCESIVO SE
DENOMINARÁ «PRODUCTO».



Para Kropotkin todo conocimiento de la sociedad es una prolongación y especificación del conocimiento científico de la vida animal y, más concretamente, de las sociedades animales, de tal manera que la sociología (ciencia del hombre y de la sociedad) es, en definitiva, un capítulo de la biología, así como esta es un extenso y complicado capítulo de la física.

ACCIÓN COMPETITIVA DEL TIPO PRESA-DEPREDADOR (p-d)

La forma de acción competitiva más explícita es aquella en la que una población, denominada depredador, devora a otra, denominada presa. El caso general en el que cada especie es presa de una o varias y a su vez es depredadora de otra u otras, incluso de miembros de su misma especie, permite plantear unas ecuaciones diferenciales conocidas como ecuaciones de Volterra⁵ para n especies. Para el caso de dos poblaciones, las soluciones a estas ecuaciones son periódicas con el mismo período para las dos poblaciones, pero desfasadas 180° , es decir, que cuando una población es máxima la otra es mínima.

En la física hay sistemas competitivos del tipo p-d, uno de ellos lo constituye los modos (frecuencias) de un láser en una guía de ondas [6]. En este caso la intensidad de un modo aumenta a expensas de otro u otros. Para la intensidad de la onda electromagnética de cada modo, I_n , la teoría semiclásica del láser⁶ plantea ecuaciones similares a las de Volterra.

Sin embargo, no todas las acciones competitivas en la naturaleza corresponden a la forma p-d. Ejemplos de estos casos son: un gran número de reacciones químicas os-

cilantes⁷, osciladores metabólicos bioquímicos⁸, las familias radioactivas⁹. Las ecuaciones que se plantean en todos estos casos son diferentes a las ecuaciones de Volterra. El estudio de dos^{10,11,12} y de tres¹³ poblaciones que compiten ha permitido encontrar en algunos casos soluciones periódicas pero que no tienen las propiedades mencionadas en la situación p-d.

ACCIÓN INDIFERENTE

Cuando el cambio de una población no depende de otras, se dice que la acción que realiza es indiferente. Su estudio se hace mediante las ecuaciones de Volterra, pero sin que exista ningún término que se refiera a la acción con otras especies sobre ella. En la física hay sistemas que realizan acción indiferente. Un caso



es aquel en el que en lugar de una familia radioactiva se tiene un único radionúcleo.

ACCIÓN COOPERATIVA

A pesar de que las células en un órgano y éstos en un organismo, son los prototipos de sistemas

que efectúan la acción cooperativa, no se ha logrado plantear las ecuaciones que describan el funcionamiento completo de un órgano ni del organismo.

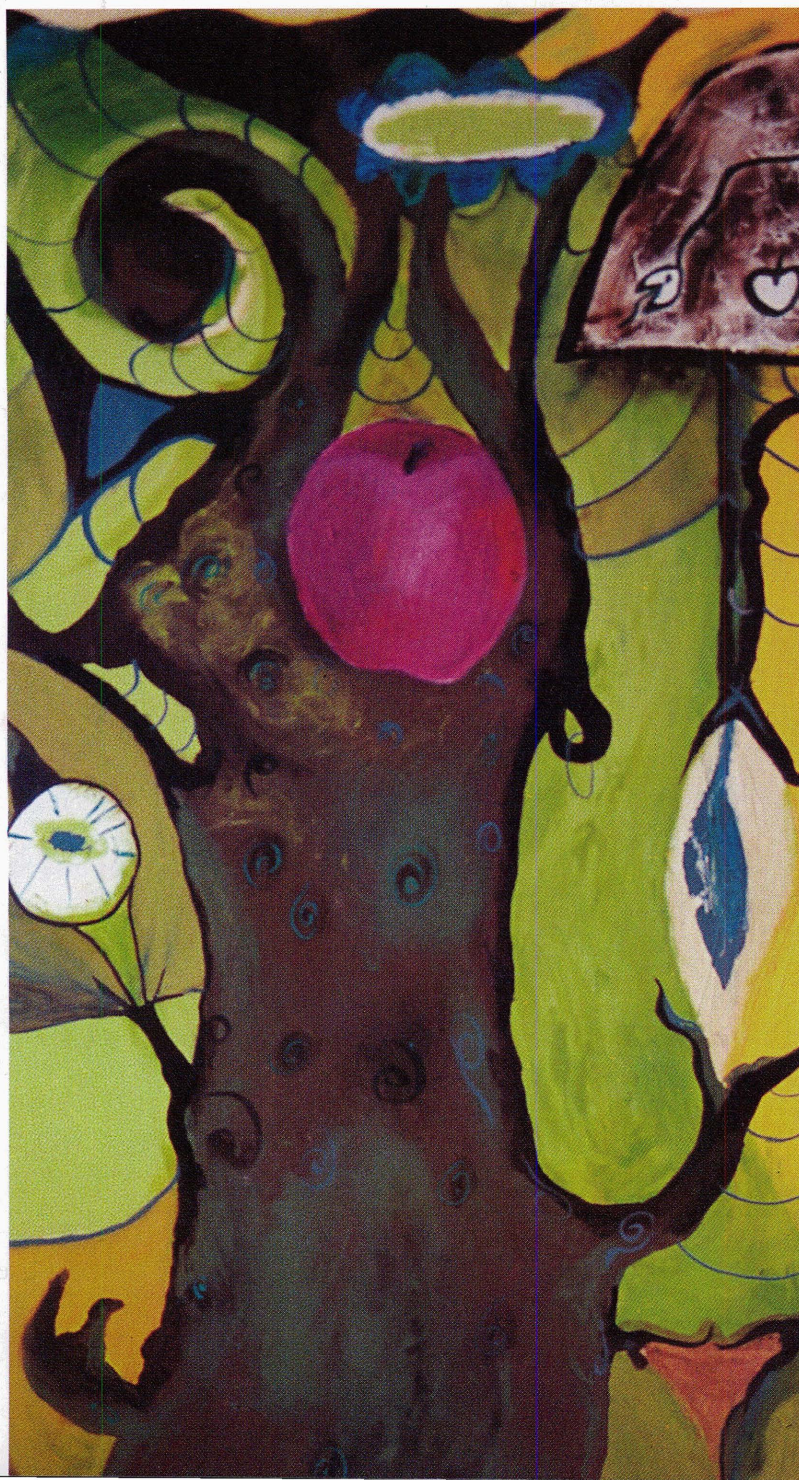
Haken³ considera al láser como el prototipo físico de esta clase de acción. En este sistema existen dos niveles de energía, atómicos o mo-

leculares, con diferentes poblaciones. La población que ocupa el nivel superior pasa al nivel inferior emitiendo un fotón en cualquier dirección. Este fotón se constituye en la tercera población para esta acción. Cuando la transición de la población se hace inducida por una radiación, el fotón emitido se une al fotón incidente saliendo los dos con las conocidas propiedades de coherencia y monocromaticidad. La teoría semi-clásica del láser¹² estudia este sistema en una forma muy completa, pero a la vez muy extensa por lo que se hace imposible plantear su descripción en unas pocas líneas. Por este motivo, en esta sección no se utiliza el láser sino otro sistema más sencillo.

La acción cooperativa también se presenta en las reacciones químicas irreversibles de segundo orden de tipo bimolecular¹⁴, en las que dos sustancias reaccionan para crear una tercera ($A+B \rightarrow$ "producto"), esta última con cualidades físicas y químicas muy diferentes a las de las sustancias que la conforman. Para cada población se plantea una ecuación diferencial, la que le corresponde al «producto» contiene un término que sólo depende de las poblaciones A y B.

De aquí se desprende que el número mínimo de poblaciones que se requiere para que haya acción cooperativa es tres y por lo menos en la ecuación de una población, aparezca un término que dependa de las otras dos.

Entonces, en la acción cooperativa dos especies crean a la tercera si ella no existía y la modifica no sólo en forma cuantitativa sino también cualitativa si existía. La población creada o modificada en lo sucesivo se denominará «producto».





Ejemplos de acción cooperativa que reafirman las conclusiones expresadas para esta clase de acción son la visión¹⁵ y la audición estequiométrica. La visión obtenida con cada ojo no permite obtener una percepción de las profundidades. Las imágenes obtenidas por cada ojo son diferentes y se unen en el nervio óptico no para competir si no para cooperar, dando como «producto» una imagen que permite medir las profundidades; se crea así la visión estequiométrica. Exactamente este mismo fenómeno ocurre con la audición.

LA INFORMACIÓN TRANSMITIDA EN LA ACCIÓN EN CONJUNTO

La información, I , portada por un mensaje fue definida por Shannon⁴, así

$$I = \log_2 \left(\frac{p_a}{p_d} \right)$$

Siendo p_a y p_d las probabilidades del estado al que llega la población antes y después, respectivamente, de recibir el mensaje. Cuando estas probabilidades son iguales, entonces el valor de I es cero. Si la información transmitida tiene fuerza de ley, es decir si se tiene certeza de que se presente el estado después de recibido el mensaje, entonces p_d es igual a la unidad y la información recibida es diferente de cero.

En la acción competitiva del tipo p-d entre dos poblaciones, la presa llega a un estado que es forzado por la presencia del depredador, es decir se tiene certeza del estado al que ella llega. Por lo tanto p_d para la presa es igual a la unidad. Mientras menor sea p_a , mayor es la información portada por el mensaje (la acción-competitiva tipo p-d) que lo ubicó en ese estado. En cambio, el depredador no está forzado a cumplir con ninguna

ley y por lo tanto el estado al que llega como resultado de la acción competitiva está regido por el azar, en consecuencia p_d es menor que la unidad. p_d podría ser igual a p_a : si este fuera el caso, entonces al aplicar la ecuación 1 la información transmitida por el mensaje (acción competitiva tipo p-d) sería cero.

En consecuencia en la acción competitiva tipo p-d, la presa adquiere alguna información mientras que para el depredador la información recibida podría ser cero. Para las acciones competitivas que no corresponden a la clase p-d, no es posible hacer ninguna generalización sobre la evolución de la información.

En el caso de la acción indiferente se puede considerar cada población como un sistema aislado en cuanto a su interacción con las otras especies. Entonces, no recibe mensaje ni información.

En la acción cooperativa que se realiza en el láser, se tiene un fotón emitido en forma estimulada; tal fotón tiene necesariamente la misma energía, fase y dirección que el fotón incidente, es decir la probabilidad de que tenga estas propiedades es igual a la unidad. Por lo tanto al aplicar la ecuación 1 al «producto» se tiene que la información que él recibe necesariamente es diferente de cero. Sin embargo, las poblaciones que realizaron la acción cooperativa tienen átomos o moléculas que no participaron en la acción cooperativa, y el estado que presenten después de recibido el mensaje (acción cooperativa) es totalmente incierto, por lo tanto p_d para las poblaciones es menor que la unidad y muy difícil de determinar. Si p_d es igual a p_a , entonces la información recibida por las poblaciones es cero.

El «producto» de la acción cooperativa de las reacciones químicas

irreversibles de segundo orden de tipo bimolecular también recibe fuerzas que limitan el libre movimiento de las poblaciones que la conforman. La probabilidad de que dos moléculas definidas A y B, estén cerca la una a la otra una vez recibido el mensaje (acción cooperativa) es igual a la unidad, por lo tanto la información que recibe el «producto» necesariamente es diferente de cero. Las poblaciones A y B tienen moléculas que no participaron en la acción cooperativa y el estado al que llegan una vez se forma el «producto» es totalmente incierto, por lo tanto p_d es menor que la unidad y muy difícil de determinar. Si p_d es igual a p_a , la información recibida por las poblaciones A y B es cero.

El análisis anterior permite afirmar que en la acción cooperativa, el «producto» necesariamente recibe información, mientras que para las poblaciones que lo conforman la información podría ser cero.

RESUMEN

De acuerdo con lo analizado, las acciones competitivas, indiferentes y cooperativas se diferencian entre sí tanto en la formulación matemática, como también en la información que reciben las poblaciones que participan en la acción. Los análisis realizados se pueden resumir así:

- En la acción indiferente se plantean ecuaciones independientes para cada población. Como la población no recibe ningún mensaje entonces no recibe ninguna información.
- En la acción competitiva tipo p-d entre dos especies, las ecuaciones que representan a las poblaciones son funciones periódicas, con el mismo período para

las dos poblaciones pero desfazadas 180° . La presa recibe una información diferente de cero, mientras que la información que recibe el depredador podría ser cero.

- En la acción cooperativa, dos poblaciones actúan simultáneamente para formar el «producto» y en la ecuación que describe a éste debe aparecer un término que contenga solamente a las dos poblaciones que lo formaron. El «producto» recibe alguna información, mientras que la información que reciben las poblaciones que la conforman podría ser cero.

Competencia versus cooperación

La información que la presa adquiere como resultado de la acción competitiva con la población dominante es de naturaleza tal que le garantiza su sobrevivencia; es por lo tanto una información que le enseña a evadir a la especie depredadora y a comportarse como depredador con otros individuos de la misma especie o de especies diferentes.

En la acción cooperativa, la población «producto» adquiere una información mayor que la de las poblaciones que la conforman. La información adquirida es cooperativa, social y sobre todo creadora. Aunque desde un punto de vista muy diferente, este resultado concuerda con la teoría de Kropotkin², en la que se presenta el apoyo mutuo como el principal factor de evolución.

La cooperación como factor de orden en la sociedad

Una controversia frecuente en el ámbito universitario es el para qué se hace ciencia. Haken³ considera

tres motivos: La búsqueda de la verdad, el juego del ajedrecista y las aplicaciones de la ciencia. El define que el juego del ajedrecista es el deseo de ser el mejor, obtener los premios y el reconocimiento. Las dos primeras razones por las que se hace ciencia corresponden a intereses individuales, y son los motivos clásicos que han impulsado a la realización de la ciencia. La tercera posibilidad es de carácter social, muy diferente a la naturaleza que impulsa a las dos primeras, y aparece como consecuencia de la acción cooperativa de realizar ciencia con fines de búsqueda de la verdad y del juego del ajedrecista, en forma simultánea.

El trabajo interdisciplinario en el que dos o más grupos de disciplinas diferentes laboran, es un caso de acción cooperativa: En esta acción no hay grupo depredador ni presa. El «producto» es el conocimiento adquirido con el que se crea una nueva área de trabajo.

Con respecto a la finalidad de la docencia también ha existido una competencia entre los criterios de transmisión de información y la formación del estudiante. La sicología moderna ha reunido estos dos criterios para formar uno nuevo en el que se establece que la docencia tiene como finalidad la motivación del estudiante a través de la formación y de la transmisión de la información, en forma simultánea.

Comparar las especies de un ecosistema con los individuos de una sociedad no parece correcto, ya que entre los individuos hay más cosas comunes que diferencias reales, por lo tanto la acción entre ellos no tiene por que basarse en la supremacía. La comparación de las células de un órgano, o los órganos de un organismo, con los individuos que

EN TODOS LOS NIVELES DEL
MUNDO ANIMAL EXISTE UNA
VIDA SOCIAL, LA CUAL
INICIALMENTE ADOPTA LA FOR-
MA DE COLONIA Y SE HACE
CADA VEZ MÁS CONSCIENTE A
MEDIDA QUE SE ASCIENDE EN
LA ESCALA ZOOLOGICA, HASTA
CONVERTIRSE, CON EL
HOMBRE, EN RACIONAL.



conforman una sociedad puede ser más adecuada, ya que los individuos, al igual que las células cooperan para que su sistema cumpla con su función. Cuando una célula, deja de cooperar y comienza a competir con las otras o es indiferente a la colaboración con ellas se dice que es una célula cancerosa; ésta al replicarse produce otras con sus mismas características y el órgano en el que se encuentran pierde su capacidad funcional, por lo tanto el organismo se deteriora y se destruye. De manera semejante, cuando un individuo establece una competencia con los demás elementos de su sociedad, su conducta le enseñará a los otros a comportarse en la misma forma dejando de lado las funciones que les corresponde en su colectividad, lo que la conduce finalmente a esta sociedad a que se deteriore y se destruya.

Al aplicar la teoría de la sinérgica a los individuos de una sociedad, es entonces conveniente superponer al concepto de que somos elementos que compiten, el concepto de que somos individuos que cooperan. La sociedad, en sus diferentes niveles, dispone de variadas formas para estimular la acción competitiva y premiar a quien la realiza con éxito, pero para quien realiza la acción cooperativa, el estímulo y el premio son solamente la excepción. Sin embargo para una conciencia cooperativista los estímulos extrínsecos no son necesarios, ya que realizar un esfuerzo que beneficie a su sociedad es simplemente su deber, es su función, y por lo tanto la satisfacción del deber cumplido es premio suficiente.

Kropotkin² encuentra que el comportamiento cooperativo ha estado presente en el desarrollo y evolución tanto de las especies anima-



les como del hombre, durante muchas generaciones. Por tal motivo este comportamiento se convierte en una propiedad innata e instintiva. Ninguna imposición es más fuerte que un instinto y ninguna sanción tendrá la eficacia que caracteriza a una tendencia espontánea, hereditaria, fundada en la repetición de millones de actos por parte de miles de generaciones. Además, la educación es capaz de esclarecer, reforzar y generalizar este instinto.&



BIBLIOGRAFÍA

- (1) HUXLEY, T. H. *The Nineteenth Century. The struggle for existence: A programme.* Febrero 1888.
- (2) KROPOTKIN, P. *El apoyo mutuo. Un factor de evolución.* Buenos Aires, 1970.
- (3) HAKEN, H. *Fórmulas de éxito en la naturaleza.* Salvat Editores. 1986.
- (4) LAY, J.E. *Thermodynamics.* Sir Isaac Pitman & Sons, Ltd. London, 1963.
- (5) GOEL, N.S., Maitra, S.C. and Montroll, E.W. *Rev. Mod. Phys.* 11, 2, 1971.
- (6) SARGENT, M. III, Scully, M.O. and Lamb, W.E. *Laser Physics.* Addison Wesley Publishing Company, 1974.
- [7] HIGGINS, J., *Ind. Eng. Chem. (Intern. Edition)* 59, 19, 1967.
- (8) GOODWIN, B.C., *Temporal Organization in Cells.* Academic, New York, 1963.
- (9) ATTTIX, F. H. *Introduction to radiological physics and radiation dosimetry.* Wiley interscience publication. John Wiley & Sons, Inc., 1986.
- (10) WALTMAN, P.E. *Bull. Math. Biophys.* 25, 75, 1964.
- (11) ULTZ, W.R. and Waltman, P.E. *Bull. Math. Biophys.* 25, 75, 1963.
- (12) RESCIGNO, A., Richardson, I.W., *Bull. Math. Biophys.* 29, 377, 1967.
- (13) RESCIGNO, A., *Bull. Math. Biophys.* 30, 291, 1968.
- (14) LEVENSPIEL, O. *Cinética de las reacciones químicas.* Wiley International Edition, 1966.
- (15) MOSES, R.A., Hart, W.M., *Fisiología del ojo.* Aplicación Clínica. 8ª edición. Editorial Médica Panamericana, 1988.