Bioética

Ecosistemas y sistemas productivos humanos: algunas semejanzas[1]

Productive ecosystems and human systems: Some similarities

Luis Alvaro Cadena Monroy[2]

Resumen

Se sugiere que todas las interacciones ecológicas pueden ser interpretadas como relaciones de realimentación, con lo cual, el comportamiento del ecosistema puede estudiarse de acuerdo a la dinámica de sistemas. Se discuten las excepciones que formula Margalef para el llamado «principio de San Mateo» y se muestra que no habría excepciones a tal principio. Se comparan el código genético y el código lingüístico y se presenta la profunda analogía que hay entre ellos. Con esto, vida y cultura se erigen sobre dos sistemas simbólicos. Se sugieren los instintos innatos que pueden sustentar interacciones de realimentación entre los seres humanos, y se estudia el sistema productivo desde la perspectiva de la dinámica de sistemas, encontrando similitudes y

1 Artículo de reflexión teórica elaborado en el doctorado de Bioética, Universidad El Bosque. Miembro del Grupo "Bioética y Ciencias de la vida". www.bioeticaunbosque.edu.co Entregado el 12/04/2009 y aprobado el 04/06/2009.

2 PhD. Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Profesor e Investigador, Universidad El Bosque, Departamento de Bioética, e-mail: l_a_cadena_m@yahoo.es

diferencias con el proceso de formación de los ecosistemas. Finalmente, se discute la propuesta de la plusvalía de Marx.

Palabras claves: Dinámica de sistemas, realimentación, interacciones ecológicas, sucesión ecológica, sistema productivo, interacciones productivas, plusvalía.

Abstract

It is suggested that all ecological interactions can be interpreted as feedback relations. According to this, I discuss and show that the exemptions proposed by Margalef to the «San Mateo principle» are flawed. I compare the genetic and linguistic codes and argue that they are analogous. Life and culture rise from symbolic systems. According to this, I suggest innate instincts that may support feedback relationships among humans, and compare production systems with the process of ecosystem formation. Finally, I discuss Marx´s concept of added value.

Key words: Dynamic systems, feedback, ecological interactions, ecological succession, productive system, productive interactions, added value.

1. Elementos de sistemas dinámicos

La dinámica de sistemas trata de comprender el comportamiento de un sistema a partir de la estructura de realimentación del sistema, es decir, a partir de las relaciones de realimentación que se presentan entre los elementos que constituyen el sistema. Para empezar a estudiar un sistema desde el punto de vista de la dinámica de sistemas, es necesario partir de un conjunto de definiciones que nos permitan identificar los elementos que constituyen el modelo. Luego viene la especificación del conjunto de relaciones entre los elementos que aparecen en el modelo[3].

En este punto, es necesario introducir variables. Serán de dos tipos: variables de nivel, y variables de flujo. Las variables de nivel representan cantidades que acumulan los resultados de decisiones anteriores.

[3] ARACIL, J. *Introducción a la Dinámica de Sistemas.* Primera edición. Madrid: Alianza Editorial. 1983. pp. 41 y sts.; Aracil, J. y Gordillo, F. *Dinámica de sistemas.* Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1997, pp. 25 y sts.

Equivalen a las llamadas variables de estado de la teoría de sistemas. En otras palabras, el estado de un sistema se representa por medio de las variables de nivel.

Por otro lado, las variables de flujo caracterizan las acciones que se toman en el sistema, las cuales se acumulan en los correspondientes niveles. Con respecto a estas variables de flujo, lo importante es el efecto que puedan tener en los niveles con los cuales se relacionan. A todo nivel se asocia al menos una variable de flujo, de tal manera que los procesos fundamentales que tienen lugar en un sistema pueden ser caracterizados por flujos y por niveles. El estudio del sistema lleva al esclarecimiento de las relaciones de realimentación que puedan presentarse; de estas relaciones de realimentación, presentes entre los diferentes elementos constituyentes del sistema, surgirá el comportamiento dinámico del sistema[4].

Se considera que se presenta una relación de realimentación entre dos sistemas, o entre dos subsistemas de un sistema, o entre dos elementos, si la información que el sistema 1 recibe del sistema 2 puede ser utilizada por el sistema 1 para tomar decisiones acerca de cómo actuar sobre el sistema 2. Existen dos tipos de realimentación: negativa y positiva o, respectivamente, feed back negativo y feed back positivo.

1. 1. Realimentación Negativa o feed back negativo

Veamos la relación de realimentación negativa. Si representamos mediante x a la variable de estado que corresponde al estado de algún elemento o subsistema, y mediante t al tiempo, entonces, la ecuación que le corresponde a una realimentación o feed back negativo es:

$$x(t) = x_d + [x(0) - x_d]\, e^{-kt},$$

en donde k es una constante, x_d es el nivel objetivo, x(0) es el nivel de partida[5]. El que el exponente sea negativo hace que cuanto mayor sea

[4] ARACIL, J. *Introducción a la Dinámica de Sistemas*. Primera edición. Madrid: Alianza Editorial, 1983, pp. 50 y sts.; Aracil, J. y Gordillo, F. *Dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1997, pp. 58 y sts.

[5] ARACIL, J. Y GORDILLO, F. *Dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1997, pp. 31–32.

el tiempo, menor es la expresión exponencial, tendiendo a cero, con lo cual, la anterior ecuación se reduce a: $x(t) = x_d$, es decir, con el tiempo, el nivel tiende a mantenerse en el nivel objetivo x_d. En otras palabras, cuando dos sistemas 1 y 2 interactúan por medio de un feed back negativo, todo aumento en el nivel del sistema 1 lleva a un aumento en el nivel del sistema 2, y todo aumento en el nivel del sistema 2 lleva a un crecimiento retardado en el sistema 1, hasta que, finalmente, el nivel de este último sistema alcanza el nivel objetivo mencionado (Figura 1).

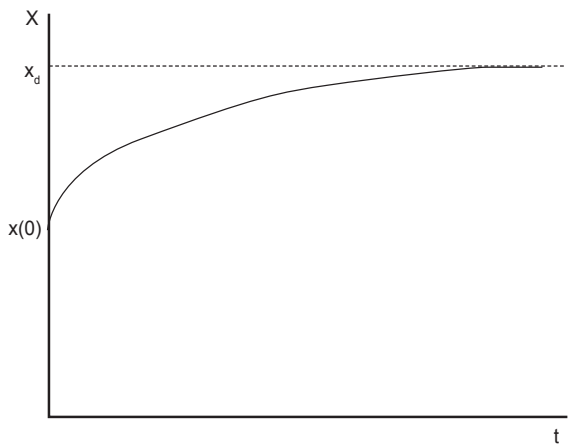

Figura 1. Realimentación negativa

1.2. Realimentación positiva o feed back positivo

Veamos la relación de realimentación positiva. La ecuación que le corresponde a una relación de realimentación o feed back positivo es:

$$x(t) = x(0)e^{kt},$$

en donde a mayor aumento de t, mayor aumento del nivel x. Este es el caso del crecimiento[6]. De otra manera, cuando dos sistemas interactúan por medio de un feed back positivo, todo aumento de nivel en uno cualquiera de los dos sistemas lleva a un aumento en el nivel del otro

[6] ARACIL, J. Y GORDILLO, F. *Dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1997, pp. 33–36.

sistema (Figura 2). Por supuesto, como los recursos son finitos, entonces, es posible que el feed back positivo ceda ante un feed back negativo y, en conjunto se tenga un crecimiento de tipo sigmoidal.

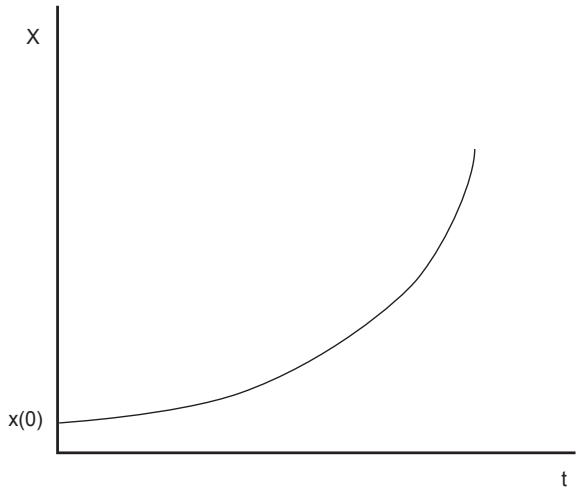

Figura 2. Realimentación positiva

1.3. Crecimiento sigmoidal

En el caso de que el crecimiento sea sigmoidal, la ecuación que se acomoda a este tipo de comportamiento es la conocida ecuación logística: $x_{n+1} = b\, x_n\, (1 - x_n)$, en donde x_n es el valor de la variable en la fase n, mientras x_{n+1} es el valor de esta variable en la fase n + 1; b es un parámetro. Para valores pequeños del parámetro b, se tiende a un valor único y constante, y el crecimiento describe una curva sigmoidal (Figura 3). Para valores algo mayores del parámetro b, pueden presentarse oscilaciones y luego estabilizarse el comportamiento de la variable de estado. Podrían presentarse bifurcaciones e, incluso, la variable podría alcanzar un comportamiento caótico.

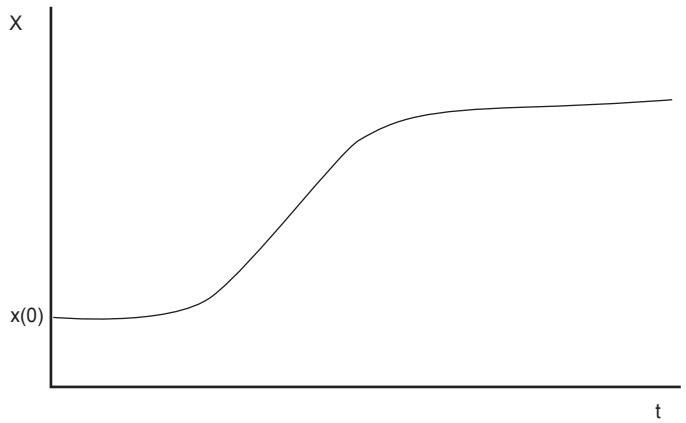

Figura 3. Crecimiento sigmoidal

2. Ecosistemas

Todos los seres vivos de un ecosistema comparten algo: tienen un código genético. Nos limitaremos a recordar que los genes codifican cadenas polipeptídicas. Una proteína puede estar constituida por una o más cadenas polipeptídicas. Ahora bien, y más en detalle, una tripleta de bases del ARN mensajero -el codón- codifica un aminoácido. Los codones del ARN mensajero, codifican uno tras otro aminoácido hasta formar la cadena polipeptídica entera. Algunos codones pueden funcionar como señales de parada (con lo cual, se interrumpe la síntesis de la cadena polipeptídica). A nivel general, y de cierta manera, podríamos decir que la "realidad" externa a los seres vivos resulta codificada simbólicamente en el ADN. Con esto, quisiéramos decir que lo no vivo se convierte en vivo únicamente cuando pase por la fase de la codificación simbólica mencionada.

2.1. Relaciones ecológicas en el ecosistema

Si bien todos los seres vivos comparten (con algunas diferencias entre algunos de ellos) el mismo código genético, resultan ser bastante diferentes entre sí, desde el punto de vista de su apariencia. No obstante las similitudes y diferencias mencionadas, los seres vivos pueden compartir

–a través de una serie de interacciones entre ellos, y entre ellos y el medio no vivo- un mismo espacio y tiempo, conformando lo que se conoce como ecosistema.

En un ecosistema –nos referiremos a los ecosistemas fotosintéticos, por ser los más estudiados-, las diferentes especies –deberíamos hablar de poblaciones específicas, pues la especie está distribuida a lo largo de los diferentes ecosistemas- entran en un sistema de relaciones, que puede resultar ser bastante intrincado. Sin embargo, puede comenzarse el estudio de un ecosistema a partir de relaciones entre pares de especies. Empezaremos por dos tipos de interacción fundamentales en el ecosistema: la depredación, y la competencia. La relación de depredador - presa puede interpretarse como una realimentación negativa[7]: generalmente, cuando aumenta el nivel de la población de las presas, aumenta el nivel de poblaciones del depredador. A su turno, el aumento en el nivel poblacional de los depredadores lleva a una disminución poblacional de las presas, con lo cual, se estructura la realimentación negativa o feed bak negativo: el nivel de población de las presas tiende a estabilizarse. Es necesario precisar que las poblaciones reales oscilan, sobre todo en los trópicos, pero esto no modifica el hecho de que la relación entre el depredador y la presa pueda ser interpretada como una realimentación negativa. Las presas deben producir un excedente poblacional para contrarrestar la acción depredadora. El mecanismo que utilizan las presas para esta acción es el de acortar el tiempo del ciclo reproductivo. En la relación depredador – presa, normalmente, las presas presentan un ciclo reproductivo más corto que el de los depredadores, y se reproducen en mayor número. De otra parte, en la relación de depredador – presa, el flujo de energía y de materia entra al circuito, primero por la presa, y pasa luego por el depredador[8].

En esta relación depredador - presa, se cumple el llamado por Margalef «principio de San Mateo», según el cual "cuando dos sistemas interactúan, la información aumenta relativamente más en el que ya era más complicado, que parece alimentarse del más simple y puede asimilar-

7 MARGALEF, R. *Perspesctivas de la Teoría Ecológica*. Primera edición. Barcelona: Editorial Blume, 1981, p. 10.

8 MARGALEF, R. *Ecología*. Primera edición. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1982, p. 888.

lo"[9]. En el sistema depredador – presa, el depredador resulta ser más complicado que la presa. De esta manera, el flujo de energía –para no hablar de información, que es como lo hace Margalef- va del organismo menos al más complicado, es decir y en términos intuitivos, del organismo menos al más complejo. Podemos considerar la relación depredador– presa (realimentación negativa) como una relación recíproca, pero asimétrica: la energía (y la materia) fluye, en mayor medida, de la presa al depredador.

La competencia entre dos especies –o poblaciones específicas-, puede interpretarse como una realimentación positiva o feed back positivo. Según el mismo Margalef[10], dos circuitos de realimentación negativa dispuestos en paralelo, forman un circuito de realimentación positiva o de competencia. En la competencia se presenta una situación de conflicto entre dos poblaciones específicas que requieren el mismo recurso (territorio, alimento, por ejemplo). A la larga, una de las dos especies "saca" a la otra de la competencia y la conduce a la extinción, o más seguramente, la obliga a buscar otro recurso o, en el mejor de los casos, terminan por turnarse, en el tiempo, el recurso. Es decir, las dos relaciones ecológicas mencionadas pueden ser interpretadas, según Margalef, como una relación de realimentación negativa (depredador – presa), o como una relación de realimentación positiva (competencia). La pregunta que surge ahora es la siguiente: ¿pueden interpretarse las demás relaciones ecológicas según estas relaciones de realimentación? Además, ¿cumplen las demás relaciones ecológicas con el «principio de San Mateo»?

Según E. Odum[11], en un ecosistema existen las siguientes relaciones ecológicas: neutralismo (ninguna de las dos especies afecta a la otra), competencia directa (inhibición directa de cada especie por la otra); competición (inhibición indirecta cuando un recurso común escasea); amensalismo (una de las dos poblaciones es inhibida, la otra no resulta afectada); depredación (una población es beneficiada, la otra afectada);

9 MARGALEF, R. *La Biosfera, entre la Termodinámica y el Juego*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1980, p. 28.

10 MARGALEF, R. *Perspectivas de la Teoría Ecológica.* Primera edición. Barcelona: Editorial Blume, 1981, p. 13-4.

11 ODUM, E. *Ecología.* Tercera edición. México: Nueva Editorial Interamericana, S.A., 1972.

parasitismo (el parásito afecta al huésped, y suele ser más pequeño); depredación; comensalismo (una población se beneficia de la otra, pero ésta no resulta ser afectada); protocooperación (la interacción es favorable a las dos poblaciones, pero no es obligatoria) y, mutualismo (la interacción es favorable a las dos poblaciones, y es obligatoria).

Para decidir si las relaciones ecológicas pueden interpretarse como realimentaciones (negativas o positivas), y para ver si cumplen con el «principio de San Mateo», vamos a efectuar algunas simplificaciones en las relaciones mencionadas por Odum. El neutralismo no puede ser considerado como una interacción, pues diría que es la interacción ecológica en la cual las poblaciones no interactúan. La competencia directa y la competición podrían reducirse a una sola: simplemente competencia. La protocooperación y el mutualismo, para los efectos aquí buscados, pueden reducirse al caso extremo de ellas: la simbiosis. En consecuencia, de las nueve relaciones de Odum, nos quedarían: competencia, amensalismo, depredación, parasitismo, comensalismo y simbiosis. De estas, la depredación y la competencia fueron analizadas como reacciones de realimentación; en la competencia no hay flujos de energía (ni de materia) entre las poblaciones en competencia, por lo que no puede cumplir con el principio de San Mateo. De esta manera, de las relaciones últimas nos quedarían por analizar el amensalismo, el parasitismo, el comensalismo y la simbiosis.

2.1.1. Amensalismo

Esta interacción se define como aquella interacción ecológica en la que una población específica afecta a la otra sin verse, a su vez, afectada. Por ejemplo, el hongo Penicetum segrega su substancia, penicilina, y destruye a las bacterias a su alrededor sin que ellas "le hayan hecho algún mal". Pero cuando se mira detenidamente esta relación entre el hongo y las bacterias, se ve que hay una competencia por alimentos, y el hongo saca así de la competencia a las bacterias. Aún si las bacterias no compitieran con el hongo por el alimento (y ahí sí, aparentemente, el hongo les "haría daño sin necesidad" a las bacterias), competirían con él por el espacio: el hongo necesita ese espacio que ellas ocupan, y lo necesita porque le es vital para su crecimiento. El amensalismo es, en realidad, una relación de competencia disimulada, es decir, un feed back positivo.

Bioética

2.1.2. Parasitismo

El parasitismo se suele definir como aquella interacción ecológica, en la cual un individuo denominado parásito, depreda a otro individuo, llamado hospedador, sin causarle la muerte. Se presenta, entonces, una relación de depredación: el depredador es el parásito, el hospedador es la presa. Este tipo de relación parece contradecir al «principio de San Mateo», característico de la relación de depredador - presa. En el parasitismo, la energía y la materia fluyen desde el hospedador al parásito, es decir, el flujo parece ir del organismo más complejo al menos complejo, contradiciendo el principio de San Mateo. R. Margalef[12] cree que esta relación no cumple con el mencionado principio. Sin embargo, no debemos dejarnos llevar de la apariencia. Debemos preguntarnos con claridad: ¿interactúa el parásito con todo el organismo parasitado, o interactúa con una parte de tal organismo? En mi opinión, el parásito interactúa con la parte del organismo que parasita y, allí, el parásito resulta ser más complicado (o, si se quiere, complejo) que la parte parasitada: la energía (y la materia) fluirá de la parte menos complicada (o menos compleja) al organismo más complicado (o más complejo), cumpliéndose con el «principio de San Mateo». Esta relación resulta ser un feed back negativo.

2.1.3. Comensalismo

En la relación de comensalismo, se dice que una población resulta beneficiada mientras que la otra no se ve, para nada, afectada. En el comensalismo, una población puede aprovechar algún sobrante del patrón, y entonces, se beneficia sin afectarlo, aparentemente. Por ejemplo, la población **A** produce un desecho **S**, que es tomado por la población **B** (el desecho podría ser un caparazón desocupado). Al tomarlo **B**, a la larga beneficiará a la población **A**, porque reciclará las substancias necesarias para construir un nuevo caparazón. Otro ejemplo más extremo que el anterior (en cuanto a que el desecho es totalmente innecesario para **A**), sería que el desecho fuese una sustancia **S**, que para nada fuese necesaria para el patrón. Pero si el patrón produce constantemente esa

[12] MARGALEF, R. *La Biosfera, entre la Termodinámica y el Juego*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A, 1980, p. 104.

Bioética

sustancia, entonces, ella (o una sustancia a partir de la cual se formaría **S**) debe ser consumida por el patrón constantemente, tal vez combinada con otra sustancia que sí le es importante al patrón (o puede entrar como una sustancia química que al ser utilizada por el patrón se transforma en la sustancia **S** inutilizable). Por ejemplo, esa sustancia podría entrar en forma de complejo **RS**, siendo para el patrón importante sólo la sustancia **R**. Pero si sólo se consigue esa **R**, en el medio del patrón, en forma de complejo **RS**, entonces, el patrón se beneficiará con el reciclado de **S**, pues a partir de él se formará el necesario complejo **RS**, única vía por la cual entra el preciado **R**. El comensalismo aparece así, como una forma disimulada de la simbiosis, de la que se hablará a continuación.

2.1.4. Simbiosis

La simbiosis, sería una forma extrema de mutualismo, porque en ella, no sólo se benefician mutuamente las partes, sino que ellas parecen estar fundiéndose en un sólo individuo. La relación simbiótica parece, entonces, diferenciarse verdaderamente de las dos relaciones fundamentales, la competencia y la depredación. Un ejemplo de simbiosis son los líquenes. Los líquenes resultan de la combinación estructural y funcional de un alga y un hongo. El alga obtiene del hongo minerales, agua e incluso protección de la luz excesiva. El hongo, por su parte, recibe alimentos y vitaminas y del alga. La disposición estructural del liquen depende del hongo. El alga recurre al hongo porque le faltan ciertas substancias presentes en el medio, indispensables (pero inaccesibles, por sí sola) para ella, y además, porque se necesita proteger de la fuerte radiación. El hongo recurre al alga, a su turno, debido a la falta de materia orgánica en el medio. En últimas, el alga y el hongo, en ciertos ambientes, se necesitan y benefician mutuamente. ¿Cómo se podría sugerir que aquí podría haber una relación del tipo depredador – presa si los dos organismos parecen beneficiarse mutuamente? Lo que a un nivel de observación parece ser una relación de igual beneficio, a otro nivel de observación se revela como una depredación fuerte. Mirando desde "lejos" al liquen, parece que alga y hongo obtienen una cantidad igual a la que entregan, pero si se mira "de cerca", si se aprieta el micrométrico, si se cambia de escala, las cosas serán muy diferentes. Lo que a una escala parece una relación simétrica, a otra escala se revela como una relación de depre-

Bioética

dación: "Las algas simbiontes ceden al hongo del 10 al 40% de lo que asimilan"[13], y el flujo de energía pasará del organismo menos complicado (o menos complejo): el alga, al más complicado (o más complejo): el hongo, cumpliéndose, otra vez, con el «principio de San Mateo». Es decir, tendremos una relación recíproca pero asimétrica entre el alga y el hongo: un feed back negativo.

El resultado del análisis anterior es el siguiente: las interacciones ecológicas pueden ser interpretadas como relaciones de realimentación. Es decir, un ecosistema puede ser estudiado a la luz de los llamados sistemas dinámicos. Las dos interacciones ecológicas, competencia (realimentación positiva) y depredación (realimentación negativa), caracterizan a todas las relaciones del sistema ecológico. Toda la entramada y complicada red ecológica, tiene como fundamento estas dos relaciones. Ahora bien, podemos considerar que la relación de los productores fotosintéticos y los consumidores primarios (consumidores de organismos fotosintéticos) es una relación de tipo depredador - presa o, relación de realimentación negativa. Podemos llamar, respectivamente, a este par de organismos, productores y consumidores. El conjunto de los organismos fotosintéticos formará un gran nivel de productores, en tanto que el conjunto de consumidores primarios formará el gran nivel de consumidores primarios. Es decir, se habrá formado el primer par de niveles tróficos contiguos, y la relación dinámica que se presenta entre estos dos niveles será la de una realimentación negativa. A su turno, los consumidores siguientes podrán formar un nuevo nivel trófico: el de los consumidores secundarios (que depredará al nivel anterior); luego se formará el nivel de los consumidores terciarios, y así hasta donde lo permitan los recursos fundamentales: luz, carbono, y nitrógeno. En los ecosistemas fotosintéticos terrestres, el factor limitante del crecimiento de los ecosistemas está dado por el nitrógeno (más estrictamente, por los nitratos). Se habrá formado, así, una estructura jerárquica de varios niveles en la cual, cada nivel (a excepción de los productores primarios) depreda al nivel anterior y es depredado por el nivel siguiente. Cada nivel trófico debe, para subsistir, producir un excedente poblacional que entregará al siguiente nivel

[13] MARGALEF, R. *Ecología*. Primera edición. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1982, p. 539.

trófico. En general, entre todos estos niveles se formarán relaciones de realimentación negativa (o feed backs negativos). Los feed back negativos resultan ser, como se mencionó, relaciones recíprocas pero asimétricas. De esta forma, podemos decir que una estructura jerárquica se forma allí en donde predominen sucesivos feed backs negativos o sucesivas relaciones recíprocas, pero asimétricas. El predominio de estos feed backs negativos, en parte, garantizan la estabilidad de la estructura jerárquica formada: el ecosistema.

2.2. La formación del ecosistema: la sucesión ecológica

Las poblaciones específicas adquieren sus relaciones con las demás poblaciones dentro de lo que los ecólogos llaman la sucesión ecológica, es decir, el desarrollo del ecosistema. El fenómeno de la sucesión –de manera algo esquemática - comienza por la conquista de un "territorio nuevo", no utilizado en ese momento. La conquista corre por cuenta de las llamadas especies pioneras o colonizadoras. Una especie pionera u oportunista se caracteriza, entre otras cosas, por tener ciclos reproductivos cortos y una fácil propagación reproductiva. Por ejemplo, y si el terreno no ocupado consiste fundamentalmente de rocas, la especie pionera pudiera ser el liquen. El hongo protege al alga del desecamiento: cuando hay sequía, el hongo se "contrae" arrancando pequeños fragmentos (minerales) de roca; con la humedad, el alga absorbe minerales y, por la fotosíntesis, los transforma en productos que pueden ser utilizados por ella y por el hongo. Lentamente, el liquen va convirtiendo los minerales de la roca en materia viva. Los fragmentos de liquen que van muriendo comienzan a formar un suelo incipiente. Este suelo puede ser aprovechado por los musgos, que son más estables que los líquenes frente a fluctuaciones del medio ambiente. Posteriormente, y con los musgos que mueren, el suelo va aumentando. Este suelo incipiente puede servir para que se asienten otras especies fotosintéticas pioneras que, a su turno, podrán contribuir al aumento de la capa de suelo. Las especies colonizadoras se caracterizan por acumular biomasa: "un principio ecológico básico -dice H. Odum- afirma que la sucesión empieza con la colonización de algunas especies especializadas en la acumulación, pues en la siguiente estación son otras combinaciones

de especies, distintas y diversificadas, las que usan los minerales y substancias producidas por aquéllas"[14].

Así como el crecimiento de un organismo es el resultado del aumento del número de nuevos tipos celulares, y el aumento del tamaño de las células individuales, el crecimiento del ecosistema es el resultado del aumento del número de poblaciones específicas y del aumento poblacional de éstas últimas. Al principio, el crecimiento del ecosistema es lento. En estos períodos, las llamadas especies colonizadoras captan rápidamente materia y energía y dan paso a una acumulación originaria de biomasa. Posteriormente, llegarán por migración otras especies que tendrán una mayor biomasa, ciclos reproductivos más largos y mayor estabilidad frente a fluctuaciones del medio ambiente. Estas especies competirán y eliminarán casi o totalmente a las pioneras, tomarán para sí esa biomasa inicial, esa acumulación originaria, y el ecosistema crecerá abruptamente, siendo en estos momentos la producción (fotosíntesis) mucho mayor al consumo (respiración). Así como en los organismos, el crecimiento se presenta cuando el anabolismo (en general, biosíntesis de materia viva) es mayor que el catabolismo (degradación de materia viva), así mismo, en el ecosistema hay crecimiento cuando se produce más de lo que se consume, es decir, cuando la fotosíntesis produce más de lo que se consume por respiración. En esta fase de crecimiento acelerado, predominan los organismos autótrofos (o productores), sobre los heterótrofos (o consumidores). Posteriormente, las cosas cambiarán: aumentarán los organismos heterótrofos y el crecimiento del ecosistema se desacelera. Lentamente llegan más y más heterótrofos al ecosistema hasta que, finalmente, la producción –aproximadamente- se hace similar al consumo: la respiración se aproxima a la producción fotosintética. La parte autótrofa, en este período produce lo que consume ella misma, y lo que consume la parte heterótrofa del ecosistema. El crecimiento se ha desacelerado y comienza el período de crecimiento "estacionario" (que es llamado por R. Margalef, período de madurez).

R. May, quien es físico teórico de formación, pero se dedicó al estudio dinámico de los ecosistemas, se topó con ecuaciones de dinámica po-

[14] ODUM, H. *Ambiente, Energía y Sociedad*. Primera edición. Barcelona: Editorial Blume, 1980, p. 146.

blacional que podía llevar al caos. Él sugirió una interpretación de las sucesiones ecológicas en diferentes regiones, aunque en condiciones externas aparentemente similares. May propone que en el desarrollo de un ecosistema se combinan factores aleatorios y factores determinísticos, es decir, de azar y de necesidad[15].

Según May, la sucesión ecológica, empieza por una colonización azarosa inicial de un terreno que podemos llamar baldío. Inmediatamente antes de ese evento sólo un determinado tipo de ser vivo puede arribar a aquel terreno. Sólo el tipo pionero u oportunista, descrito ya, está facultado para enfrentarse a un terreno así. En esos momentos y en esos lugares, se necesitarían seres vivos del tipo descrito y sólo ellos, no otros. Esto constituye el aspecto necesario de la sucesión ecológica. Pero ¿cuál de las especies que se acomoda al tipo pionero será el colonizador? Eso depende de factores aleatorios. Puede ser que un viento traiga una semilla de una planta pionera determinada, o más bien, que se desprenda del plumaje de un pájaro migratorio otra semilla de un oportunista diferente al anterior. Y esto viene a ser el aspecto azaroso de la sucesión: "...las pautas de la organización de la comunidad son predecibles y, por tanto, necesarias, pero las especies que resultan desempeñar un papel ecológico determinado, en un lugar y en un tiempo particular, están sujetas al accidente histórico"[16]. En estas circunstancias, se presenta una doble situación: por un lado, las especies pioneras imponen cierta dirección al cambio en la sucesión. Es decir, y por la llamada selección de Darwin, no cualquier especie puede entrar dentro del proceso de sucesión. Sin embargo, puede haber un conjunto de especies que están capacitadas par continuar con la sucesión. ¿Cuál de ellas puede continuar el proceso? Esto ya es un asunto de azar: la que primero llegue. Estas especies del conjunto mencionado podría considerarse como sinónimas y, entre sí, no tendrían un mayor o menor valor selectivo para ser seleccionadas. Debido a esto, cualquiera de ellas puede establecerse en el proceso de sucesión.

Durante la sucesión, la especie que llegue después de la especie pionera, entra en competencia con ella, y puede desplazarla a otros espacios

[15] MAY, R., *La Evolución de los Sistemas Ecológicos, en Evolución*. Barcelona: Editorial Labor, S.A., 1979, p. 106.

[16] Ibid. p. 106.

Bioética

(así por ejemplo, los musgos desplazan al liquen hacia la roca aledaña, apropiándose del terreno con el suelo incipiente). Posteriormente, los organismos que desplazaron a los primeros serán, a su turno, desplazados competitivamente por una nueva especie autótrofa (fotosintética) y, así sucesivamente, hasta que comiencen a llegar los organismos heterótrofos; es decir, durante esta fase, y debido a las interacciones de competencia, o relaciones de realimentación positiva, el ecosistema crecerá de manera aproximadamente exponencial. Por supuesto, esto es un poco esquemático: pueden llegar algunos organismos heterótrofos con anterioridad, pero no pueden ser demasiados. Cuando llega el período de los organismos heterótrofos, puede presentarse la competencia entre ellos lo cual, teóricamente, puede llevarlos a la exclusión competitiva y a la extinción. Sin embargo, los organismos suelen evitar este trágico final especializándose. Se convierten en consumidores especialistas. Con esto, las relaciones de competencia ceden a las relaciones de tipo depredador presa, es decir se pasará a relaciones de realimentación negativa. Con el aumento de este tipo de interacciones –debido a la llegada de consumidores secundarios, terciarios, y más–, comenzará a pasarse de las interacciones de realimentación positiva a interacciones de realimentación negativa. Es cuando, como se mencionó, el ecosistema comienza a crecer de manera retardada, hasta que, finalmente, se alcanza el estado "estacionario", en donde los cambios que se presentan al interior del ecosistema no son muy significativos. Con esto, se habrá erigido una jerarquía de niveles tróficos que interactúan por medio de realimentaciones negativas.

Debido a que en los diferentes puntos de decisión de qué especie (sinónima) se instala, en los diferentes ecosistemas comenzarán a presentarse divergencias con relación a otros ecosistemas semejantes. Sin embargo, y como lo menciona el citado R. May[17], en estos ecosistemas, aparentemente diferentes, se presentarán similitudes: la proporción de productores, de consumidores primarios, secundarios, etc., serán aproximadamente las mismas, y el papel ecológico específico que desempeña una especie en uno de estos ecosistemas será el mismo que desempeñe otra especie en el otro ecosistema.

[17] Ibid., p. 103.

Durante la sucesión, como dice Margalef[18], el ecosistema aumenta su biomasa, su estratificación, y diversidad de especies. Además, el ecosistema pasa de tener unas fluctuaciones amplias al comienzo de la sucesión (fluctuaciones debidas a retrasos en la circulación de materiales), a poseer fluctuaciones aminoradas en el período de crecimiento estacionario. Es decir, el ecosistema se hace cada vez más estable frente a fluctuaciones del medio ambiente.

Visto de forma más general, el resultado del proceso de sucesión (el ecosistema), es el de la formación de una red de interacciones de realimentación. Este sistema de relaciones de realimentación puede ser de primer nivel o de niveles superiores (feed backs como parte de feed backs mayores: por ejemplo, la competencia, o feed back positivo, entre dos depredadores está inmersa en la realimentación negativa entre niveles tróficos consecutivos). Todo esto nos permite presentar al ecosistema como un sistema dinámico.

Había mencionado que en el comienzo del desarrollo de un ecosistema, predominan las interacciones de realimentación positiva, con lo que el ecosistema crece de manera exponencial; luego se pasa al predominio de las interacciones de realimentación negativa, con lo que el crecimiento del ecosistema se hace retardado. Es decir, y en este caso idealizado, el crecimiento del ecosistema habría seguido una pauta sigmoidal, mencionada anteriormente. Pero las cosas no deben ser necesariamente así, sobre todo en los trópicos y en latitudes mayores: allí la diversidad y biomasa de los ecosistemas puede oscilar –de hecho oscila con las estaciones- de manera bastante perceptible. Incluso en los ecosistemas terrestres ecuatoriales, un retraso en el reciclado de ciertos factores limitantes -como los nitratos- puede generar oscilaciones sensibles en la biomasa y en la diversidad de los ecosistemas.

[18] MARGALEF, R. *Perspectivas de la Teoría Ecológica*. Primera edición. Barcelona: Editorial Blume, 1981, pp. 33-34.

Bioética

3. Producción social

La pregunta de la cual partiremos en este apartado es la siguiente: ¿por qué la especie humana y no otra fue capaz de construir todo este inmenso edificio cultural, social, económico, etc.?

Creo que hay tres rasgos que nos permitieron alcanzar lo anterior:

1. El lenguaje articulado simbólico.
2. Un conjunto particular de instintos sociales.
3. La capacidad social para el trabajo.

3.1. Lenguaje simbólico articulado

Si bien, podemos decir que otras especies animales poseen un conjunto de instintos sociales, y una capacidad (innata) para el trabajo social, ninguna de ellas posee la capacidad del lenguaje simbólico articulado. Este lenguaje es una de las características fundamentales de la especie humana.

Desde N. Chomsky, sabemos que nacemos con una capacidad innata para adquirir un lenguaje simbólico articulado. Según N. Chomsky, la lengua está constituida por un número finito de elementos, con los cuales se pueden crear, potencialmente, infinitos mensajes. En cada lengua existe un conjunto de reglas con las cuales es posible construir todas las frases existentes y todas aquellas que son posibles. A este conjunto de reglas puede llamársele gramática generativa[19]. Chomky presentó su propuesta hacia 1957, basándose en las llamadas funciones parciales recursivas según las cuales, a partir de unas funciones básicas y de unas relaciones fundamentales, puedo dar lugar a todas las funciones calculables, es decir, puedo dar lugar a todas las funciones que pueden ser ejecutadas en un computador.

[19] BLECUA, J.M. *Revolución en la lingüística.* Barcelona: Salvat Editores, S. A., 1973, p. 134.

Los lingüistas de orientación funcionalista y, especialmente, los sociolingüistas[20] perciben que, si bien es cierto que cualquier hablante de una lengua está capacitado para producir mensajes que nunca antes se habían producido, como decía Chomsky, también es cierto que, en el contexto social, la mayoría de las oraciones no son emitidas por primera vez; gran parte del discurso resulta ser más o menos rutinario[21]. Esto indicaría que el contexto lingüístico –que, hasta cierto punto fue menospreciado por los lingüistas estructuralistas más ortodoxos- debe ser considerado. Desde el puro sistema lingüístico, no podríamos explicar por qué unas frases se producen con mayor probabilidad que otras. Debemos considerar el contexto lingüístico.

Al hacer esto, se puede ver que en la misma medida que un niño aprende el lenguaje va adquiriendo una imagen de la realidad que lo rodea. En consecuencia, la construcción de la realidad no puede separarse de la construcción del sistema semántico en el cual está codificada la realidad. El lenguaje le da unidad al mundo y configura la realidad[22]. En este sentido, el lenguaje es creador de este mundo. De esta manera, el lenguaje no resulta ser, únicamente, el medio de representar el mundo, sino que, también, el lenguaje crea el mundo mismo; por el lenguaje, podemos convertir en objeto social aquello que no es social: los objetos adquieren su significación únicamente a través del lenguaje simbólico.

El lenguaje, como representación simbólica de la realidad, y como generador de realidad, resulta ser muy análogo al lenguaje genético, es decir, al ADN en el cual se codifican, en primera instancia, las cadenas polipeptídicas y las proteínas. La analogía entre el código lingüístico y el código genético es sorprendente. En el código lingüístico, el texto se codifica en oraciones, las cuales se construyen con palabras. Estas están conformadas con morfemas, y éstos, a su turno, se forman a partir de los fonemas. Constituyen el texto todos aquellos "... casos de integración lingüística en que la gente participa realmente... el texto está codificado

[20] HUDSON, R. D. *La Sociolingüística.* Barcelona: Editorial Anagrama, S.A., 1981.

[21] HALLIDAY, M. A. K. *El Lenguaje como Semiótica Social.* Primera edición en español. México: Fondo de Cultura Económica, 1982. p. 13.

[22] SCHAFF, A. *Lenguaje y Conocimiento*. México D. C.: Editorial Grijalbo, S.A., 1967, p. 50.

Bioética

en oraciones y no compuesto de ellas... un texto es una unidad semántica, es la unidad básica del proceso semántico... es un potencial de significado realizado"[23]. De otra parte, la palabra es definida por Leonardo Bloomfield como "la mínima forma libre…"[24]. El morfema se define como la unidad mínima dotada de significado"[25]. Acudiendo a los ejemplos del último autor citado, es posible diferenciar entre una palabra y un morfema.

En la palabra **subdivisión**, hay tres morfemas, **sub, divis, ión**. Cada uno de estos tres morfemas tiene un significado, pero no es una palabra. Podría haber morfemas que sean palabras (por ejemplo **corre** es un morfema y una palabra), pero no es lo mismo morfema que palabra. Por último el fonema "se puede definir como una unidad exhaustiva de clases sistematizadas de sonidos fonéticamente relacionados en una lengua, de modo que todas las formas de lenguaje se dan en un conjunto de uno o más de estos sonidos..."[26]. Todos los anteriores elementos, textos codificados, palabras, morfemas, y fonemas pueden codificarse, a su vez, por medio de la escritura. Según comenta el citado autor, con los griegos se desarrolló el sistema alfabético verdadero por el cual, un símbolo tiende a representar, más o menos, un fonema. La escritura es pues, un código simbólico que representa a otro código simbólico (el lenguaje no escrito). Mediante símbolos alfabéticos, se busca representar los fonemas. Con una sucesión lineal de estos símbolos alfabéticos se representarán morfemas, palabras, oraciones, etc.

Partiendo de estos anteriores elementos lingüísticos, es posible adelantar una analogía entre el código lingüístico y el código genético. En este último caso, en el de la vida, tenemos se presentan células interactuando con su entorno. Se tienen proteínas, cadenas polipeptídicas (que conforman a las anteriores) y aminoácidos (que dan lugar a las cadenas polipeptídicas). Partiendo de los elementos anteriores y estableciendo como punto de conexión entre los dos códigos el significado y la función (es decir, haciendo análogos al significado y la función), es posible dar paso a la

[23] HALLIDAY, M. A. Op. cit. pp. 143-144.
[24] YUEN REN CHAO. I*niciación a la Lingüística*. Segunda edición. Madrid: Ediciones Cátedra, S.A. 1977, p.71.
[25] Ibid., p. 69.
[26] Ibid. p. 57.

mencionada analogía. El aminoácido es el análogo del fonema (el cual se representa mediante un símbolo alfabético), y se representa (el aminoácido) mediante una "escritura alfabética": el codón (en la representación simbólica de un aminoácido por un codón o tripleta de bases, se presenta la misma dificultad que se tiene en la escritura del fonema: un símbolo alfabético representa, más o menos, a un fonema, de igual manera, una tripleta representa, más o menos, un aminoácido, y esto porque a veces más de una tripleta puede codificar a un sólo aminoácido). La cadena polipeptídica, formada por una secuencia de aminoácidos (y codificada en "escritura" por un gen) es análoga al morfema formado por una secuencia de fonemas (morfemas que se codifican en escritura según una secuencia de símbolos alfabéticos). Finalmente, las proteínas, formadas por una o varias cadenas polipeptídicas (y codificadas en "escritura" por uno o varios genes), es análoga a la palabra (la cual se codifica en escritura según una secuencia de símbolos alfabéticos). Estos paralelismos se resumen en la Tabla 1. De esta manera, la mínima unidad del lenguaje genético con función, es la cadena polipeptídica. Estas cadenas conforman las proteínas cuya función puede depender del contexto, de manera análoga a como el significado de una palabra puede depender del contexto. Una misma proteína podría tener funciones totalmente opuestas dependiendo del contexto en el cual se encuentre. Así por ejemplo, la acetilcolina, que siempre fue considerada una proteína de tipo excitatorio, resultó que también era inhibitoria en ciertas situaciones. Dependiendo del receptor post-sináptico, la acetilcolina excita o inhibe a las neuronas contiguas[27].

La analogía entre palabras y proteínas podría llevarse aún más lejos. Por ejemplo, podría compararse la manera cómo se presenta el cambio de semántico de una palabra (es decir, la variación del significado de una palabra según su historia), con el cambio funcional de las proteínas durante su evolución.

[27] KANDEL, E. Microsistemas de Neuronas, en *El cerebro*. Segunda edición. Barcelona: Editorial Labor, S.A., 1981, p. 41.

CÓDIGO LINGÜÍSTICO		CÓDIGO GENÉTICO	
Elementos lingüísticos	Representación escrita	Elementos proteicos	Representación "escrita"
Palabra	Sucesión de morfemas escritos	Proteína	Genes
Morfema	Sucesión de símbolos alfabéticos escritos	Cadena polipeptídica	Gen
Fonema	Símbolo alfabético	Aminoácido	Tripleta o codón

Tabla Nº 1. Comparación de elementos lingüísticos y genéticos

3.2. Conjunto de instintos sociales

K. Lorenz, N. Tinbergen y K. von Frich construyeron los pilares de los que se conoce hoy como la etología. K. Lorenz y N. Tinbergen llaman movimiento instintivo o patrón fijo de conducta a aquellos movimientos que se presentan con una forma constante y resultan ser característicos de la especie; el animal no necesita de aprendizaje alguno para poder ejecutarlos[28].

Los patrones fijos de conducta, o movimientos instintivos, se coordinan entre sí, de manera tal que se agrupan de forma que cada grupo se subordina a una organización de coordinación superior. Con esto, tendríamos impulsos dominantes y tendríamos impulsos subordinados. Esto lleva a afirmar que, según N. Tinbergen, el instinto presenta una organización jerárquica[29]. "Los movimientos instintivos corrientes y abundantes, que sirven para cualquier cosa, y que en otro lugar he llamado 'los pequeños servidores de la conservación de la especie' suelen estar a la disposición de *varios* instintos 'grandes'. Se trata sobre todo de pautas de movimiento aplicadas a la locomoción: correr, volar, nadar, etc., y también de otras, como picotear, roer, excavar, etc., etc., que pueden servir para

[28] EIBESFELDT, I. E. Etología. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1974.
[29] EIBESFELDT, I. E. *Etología*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1974.

la alimentación, la reproducción, la fuga, la agresión, o sea los instintos que aquí calificamos de 'grandes'. Sirviendo, pues, en cierto modo de instrumento a los diversos sistemas superiores, y sobre todo a los 'cuatro grandes' mencionados, yo los he llamado actividades *instrumentales*"[30] (la cursiva es de Lorenz). Los cuatro grandes instintos referidos presentan la siguiente característica: cuando dejan de ser utilizados con la frecuencia de uso apropiada y característica de los individuos de una especie particular, predisponen al individuo y lo presionan a buscar el estímulo apropiado para que el instinto pueda desencadenarse. Si el estímulo correspondiente no se encuentra al alcance, es posible que el movimiento instintivo se desencadene en el vacío, es decir, sin que, aparentemente, nada en el medio lo genere[31].

Uno de los cuatro grandes instintos mencionados, la agresión, es de dos tipos: interespecífica (cuando va dirigida a individuos de otra especie) e intraespecífica (cuando va dirigida a individuos de la misma especie). Nos concentraremos en la agresión intraespecífica. Este gran instinto tiene un repertorio de movimientos instintivos menores que están a su disposición. Por otro lado, está el instinto de la huída. Este instinto tiene un repertorio de comportamientos instintivos menores a su disposición. Estos últimos comportamientos suelen preceder en el tiempo al comportamiento de la huída, y se caracterizan por inhibir en seco la agresión del congénere (siempre y cuando el medio no haya sido modificado sustancialmente, como para, por ejemplo, producir un estrés más allá de lo habitual). Los inhibidores de agresión suelen presentarse como ciertos comportamientos infantiles que han sido ritualizados filogenéticamente (es decir, un ritual estructurado por la vía evolutiva). Algunas veces, el ritual de inhibición puede ser el apartar de la vista del agresor aquel estímulo generador de agresión, o el de asumir comportamientos de sumisión[32].

De los cuatro grandes instintos mencionados por K. Lorenz, nos concentraremos en la agresión intraespecífica, la huida, y el repertorio de comportamientos de inhibición de agresión, que pueden preceder a la huida.

30 LORENZ, K. *Sobre la agresión: el pretendido mal.* México: Siglo XXI Editores, S.A., 1981, pp. 102-103.
31 EIBESFELDT, I. Op. cit., LORENZ, K. Op. cit. p. 103.
32 LORENZ, K. Op. cit., pp. 130 y sts.

Bioética

La agresión tenía como fin fundamental, competir por el territorio –los seres humanos somos profundamente territoriales-, el cual, garantizaba la alimentación, el emparejamiento, la reproducción y el lugar de crianza de la prole. Es decir, y de acuerdo a lo visto el apartado sobre la competencia ecológica, la agresión, como instinto para la competencia, puede ser interpretado como una interacción de realimentación positiva, o feed back positivo. Actualmente, nacemos innatamente con el instinto de agresión, y es él el que nos impulsa a tener interacciones competitivas o relaciones de realimentación positiva. Por supuesto, el contexto cultural actual estimula, en gran medida, el ejercicio de la competencia.

Los comportamientos de inhibición de la agresión, asociados al gran instinto de la huida, pueden ser interacciones de sumisión que buscan evitar la agresión directa del rival. Son indicativos de que se acepta la superioridad del rival. Estos comportamientos tienen la siguiente dinámica: entre mayor sea el nivel de agresión de rival, con mayor intensidad se producirán los comportamientos inhibitorios de la agresión, y entre mayor nivel alcancen estos inhibidores de agresión, bajan el nivel de agresión del rival hasta llegar a suspenderlo. En consecuencia, los comportamientos inhibitorios de agresión, o comportamientos de sumisión, tienen la forma de una realimentación negativa o feed back negativo. Todos los seres humanos nacemos con la capacidad innata para emitir estos comportamientos inhibitorios de la agresión o de sumisión. Por supuesto, nadie nace "programado" para ser esclavo, o para ser "amo"; el aprendizaje y el contexto social, suelen potenciar, en los individuos, en mayor medida algunos de estos comportamientos en detrimento del otro. Sin embargo, como lo muestra fácilmente algunos experimentos con ciertas aves y mamíferos, un individuo que se acostumbró a ser sumiso, si se le enseña apropiada y progresivamente a no ser sumiso, puede alcanzar el punto de vencer al rival que, en un principio, lo asediaba inclementemente.

Sintetizando lo anterior, podríamos decir que estamos preparados innatamente –con la modulación cultural correspondiente- a formar interacciones de realimentación negativa e interacciones de realimentación positiva con los demás seres humanos. Es decir, podemos estructurar un conjunto de relaciones de realimentación entre los seres humanos.

Esto nos permite presentar, dentro de cierta perspectiva, el conjunto de interacciones mencionadas como un sistema dinámico. Esto es particularmente cierto en actividades como la economía. A continuación, entraremos en la referida capacidad social para el trabajo: por ésta, podemos construir todo un sistema productivo que es característico de la especie humana.

4. Producción social

Empecemos por un planteamiento sencillo pero con importantes consecuencias: un empresario invierte cierta cantidad de dinero en comprar alguna maquinaria, elementos informáticos, materias primas y mano de obra. El fin de todo esto es tratar de aumentar el dinero invertido. Para esto, se produce una mercancía (un computador, un software, una nueva marca de remedio o ropa). Nada le garantiza al empresario que podrá recuperar el dinero invertido. Si recupera el dinero con algún excedente, tendrá ganancias; si recibe un dinero inferior al invertido, tendrá pérdidas. En términos generales, si hay ganancias, la diferencia entre el dinero invertido y el dinero recuperado a través de la venta de las mercancías, la llamaba Marx plusvalía[33]. Esta plusvalía –decía Marx- sería producida por el obrero por el proceso de agregar valor transfiriendo valor, característica ésta propia de la fuerza de trabajo[34]. Más adelante, veremos que esta "plusvalía" no la produce el obrero. Por ahora, lo más importante es reconocer un hecho trivial: para el capitalista, si lo que recoge después del proceso productivo es mayor que lo que invirtió, entonces, tendrá ganancias; si es menor, habrá pérdidas.

Supongamos que hay ganancias y que se invierte el dinero recuperado, más el excedente en el mismo proceso de producción de mercancías. En ese momento se habrá dado paso al proceso de acumulación de capital, y la empresa habrá crecido. Con posteriores acumulaciones, se atraerán dineros de otros empresarios hacia este sector productivo. Con esto,

[33] SWEEZY, P. *Teoría del Desarrollo Capitalista*. Primera edición en español. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1977, p.70.

[34] MARX, C. *El Capital*, T. I. Segunda edición en español. Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 1976.

Bioética

crecerá esta rama de la producción y, junto a ella, el sistema productivo en el cual está inmersa esta rama de la producción. Durante este período de crecimiento, las empresas de esta rama productiva compiten por apoderarse del mercado. La capacidad innata para la competencia, más el sobre-estímulo social para la actitud competitiva, permiten la formación de interacciones sociales de realimentación positiva entre las empresas. Los períodos de crecimiento del sistema productivo coincidirán con la competencia entre las diferentes empresas de tal sistema, es decir, con el entrelazamiento en relaciones de realimentación positiva entre las diferentes empresas.

El crecimiento de ciertas ramas productivas puede constituirse en el desencadenante del crecimiento de otras ramas productivas: por ejemplo, aquellas que suministran los elementos de producción de esas ramas de producción referidas inicialmente y esto, a su turno, podría estimular a otras ramas del sector productivo llevando a un crecimiento, en conjunto, del sistema productivo. Esto sólo será cierto, siempre y cuando el consumo de lo que producen las empresas sea aproximadamente igual a esta producción. Sobre todo, será cierto si las exportaciones resultan ser mayores a las importaciones, es decir, si las entradas en forma de dinero al sistema productivo son mayores a las salidas en forma de dinero.

Durante el crecimiento económico, aumenta el capital, la diversidad empresarial, la estratificación social, y el sistema tiende a ser más o menos estable frente a fluctuaciones del medio.

Sin embargo, tarde o temprano, el consumo empezará a disminuir, con lo que habrá alguna sobreproducción, o producción no reintegrada en el proceso productivo. La empresa en la cual esto ocurra, comenzará a tener pérdidas. En esta situación, a la empresa podría desaparecer de la escena productiva. "En un mundo de escasos recursos, los consumidores optarán por el producto que tenga el precio más bajo, siempre que los demás factores sean constantes. El hecho de que la empresa tenga información exacta acerca de sus costos y de la demanda, carece de importancia. La empresa que escoge la mejor combinación de calidad, cantidades y precios de producción finalmente sobrevivirá forzando a las otras empresas a imitarla, si desean sobrevivir también. Esto a veces se denomina

Principio de Supervivencia. Nos ayuda a comprender la naturaleza de la rivalidad en el mundo real"[35]. Aquellas empresas que sobreviven serán aquellas que se adaptan a las presiones selectivas económicas: adoptan innovaciones que les permitan sobreponerse a la crisis. Las empresas que, por una u otra circunstancia, no puedan adoptar las innovaciones, pueden evitar la extinción entrando a hacer parte de aquellas empresas que lograron asimilar la crisis. Esta es la característica de los períodos de crisis: las empresas que logran sobrevivir a la crisis (por innovaciones u otras estrategias), comienzan a absorber a empresas en crisis y se entra en el período de monopolio. Según decía M. Kalecki -quien formuló una teoría económica de un alcance semejante a la de J. M. Keynes-, el grado de monopolio de una economía aumenta en los períodos de depresión y disminuye en los períodos de auge[36]. Realmente cuando el sistema económico crece, hay una competencia entre los elementos del sistema, y cuando deja de crecer, entonces, la competencia deriva en el monopolio. Con esto, las empresas que, en un principio eran independientes y, relativamente, autosuficientes, entran a formar parte de otras empresas perdiendo gran parte de su estructura productiva, y teniendo que optar por la especialización dentro de la empresa que la absorbió. Con esto, y entonces, en los períodos de crisis, las empresas que no sucumben, logran sobrevivir mediante la especialización en empresas mayores que las absorben. Es decir, los períodos de crisis llevan al monopolio, el cual es un indicador de la especialización empresarial.

Cuando las empresas absorbidas se especializan, dentro de la empresa que la absorbe, se da paso a relaciones de interacción de realimentación negativa, características de los períodos de crecimiento retardado e, incluso, del estancamiento. En el período de crisis y de monopolio las relaciones fundamentales resultan ser feed backs negativos. Las empresas monopolistas, a su turno, y a nivel del sistema productivo, tienden a especializarse en ciertas formas de producción, con lo cual, estas empresas monopolistas, pasan a interactuar con otras empresas por medio de relaciones de realimentación negativas. En consecuencia, durante los

[35] LE ROY MILLER, R. *Microeconomía.* Primera edición en español. México: Mc Graw Hill, 1984.

[36] KALECKI, M. *Estudios sobre la Teoría de los Ciclos Económicos*. Barcelona: Ediciones Ariel, 1970, p. 132.

Bioética

períodos de crecimiento económico, las empresas interactúan mediante interacciones de realimentación positiva, y habrá crecimiento económico, en tanto que en los períodos de crisis, las empresas –las absorbidas y las monopolistas- interactuarán por medio de la realimentación negativa, y el crecimiento económico será retardado e, incluso, podrá llegarse al estancamiento económico. Las cosas pueden ser más graves, llegándose a la recesión o, incluso a la depresión, pudiendo presentarse oscilaciones cada vez mayores en el sistema productivo que puedan llevarlo a períodos de comportamiento caótico.

Durante las crisis económicas, disminuyen el capital, la diversidad empresarial, la estratificación social (pudiéndose alcanzar una situación de dos estratos: uno con alguna capacidad económica menguada, y otro con una capacidad económica de subsistencia mínima e, incluso, menos), y el sistema tiende a ser muy sensible frente a fluctuaciones del medio.

5. Ecosistemas y sistemas productivos humanos: similitudes y diferencias

En el desarrollo de los ecosistemas, y del sistema productivo humano se pueden apreciar algunas similitudes y algunas diferencias. A la primera similitud ya se hizo referencia: tanto la vida como la cultura se erigen sobre dos lenguajes simbólicos: los ácidos nucleicos y proteínas, por un lado, y el lenguaje simbólico articulado de los seres humanos.

Por otro lado, y para ciertas consideraciones, el comportamiento de los ecosistemas y de los sistemas productivos humanos puede ser interpretados desde el punto de vista de los sistemas dinámicos: en los dos casos, se estudia el comportamiento sistema a partir de relaciones de realimentación que se presentan entre los elementos (o subsistemas o niveles) que constituyen el sistema. En los dos casos, se encuentra que hay crecimiento si se da un predominio de interacciones de realimentación positivas (o feed backs positivos), y que hay crecimiento retardado o estancamiento en el crecimiento si predominan las interacciones de

realimentación negativas (o feed backs negativos). En los dos casos, y bajo ciertas circunstancias, el crecimiento puede oscilar hasta alcanzarse una situación caótica.

Durante la sucesión ecológica, aumentan la biomasa, la diversidad de especies, la estratificación del ecosistema, y éste se hace más estable frente a fluctuaciones del medio ambiente. En los períodos de crecimiento de los sistemas productivos, aumentan el capital (el análogo de la biomasa), la diversidad empresarial, la estratificación social y el sistema productivo se hace más estable frente a fluctuaciones del medio.

Una diferencia que vale la pena resaltar es la siguiente: mientras que en los ecosistemas las especies que compiten lo hacen por las entradas al "sistema", en el sistema productivo, la competencia se ubica en la salida de las empresas, es decir, en la venta de las mercancías; se compite por el apoderamiento del mercado.

Si bien algunos sistemas productivos humanos crecen a expensas de otros sistemas productivos también humanos, es necesario aceptar que el sistema productivo humano en su conjunto crece a expensas del contexto correspondiente: los ecosistemas. Por esto es necesario introducir el aspecto ambiental en los estudios económicos y sociales. Esta perspectiva –sin llegar a planteamientos reduccionistas- ha ido abriéndose camino en ciertas disciplinas propias de las ciencias sociales[37]. Incluso hoy se habla de economías ecológicas[38]. Aquí, se relaciona la economía con los ecosistemas adoptando una perspectiva de los sistemas complejos y de los sistemas termodinámicos. Se están haciendo intentos de integrar la energía, la ecología y la economía de una forma renovada y diferente a la de H. Odum[39], por ejemplo: S. Álvarez, y otros[40].

[37] TOLEDO, V. Y GONZÁLEZ DE MOLINA, M. El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. En: El paradigma ecológico en las ciencias sociales, F. Garrido y otros (eds). Barcelona: Icaria Editorial, 2007.

[38] RAMOS – MARTÍN, J. Empirismo en economía ecológica: una visión de los sistemas complejos. *Revista Economía Crítica*, 2003, (1): 75 – 93.

[39] ODUM, H. Op. cit.

[40] ÁVAREZ, S., y otros, *La síntesis emergética* ("emergy synthesis"). Integrando energía, ecología y economía. Universidad Autónoma de Madrid, 2006. En la red.

Bioética

Por supuesto, entre las sociedades humanas y los ecosistemas existen grandes diferencias, a las cuales no nos referiremos. Sólo nos interesó, aquí, explorar la analogía que se puede establecer entre el sistema productivo humano y los ecosistemas al considerarlos como sistemas dinámicos. Continuaremos con una última analogía.

6. Plusvalía y la "regla" del 10 por ciento en los ecosistemas. Crítica al supuesto origen de la plusvalía según Marx

La plusvalía la produce el obrero, según Marx[41]. Parte de esa plusvalía la debe ceder el capitalista, y de una u otra forma, esta plusvalía se debe distribuir en los demás estratos sociales. Esto puede recordar el proceso de ceder parte de la energía (10 por ciento)[42] de un nivel trófico al siguiente nivel trófico en los ecosistemas. Desde hace mucho tiempo, en la ecología se estableció una regla aproximada, según la cual, un nivel trófico entrega un 10 por ciento de energía al siguiente nivel trófico. Toda esta posibilidad de ceder energía tiene su verdadero origen, en la fuente de energía del ecosistema. En los ecosistemas fotosintéticos, la fuente de energía que sostiene a todo el ecosistema es el sol. De la energía que toman del sol, los organismos fotosintéticos ceden, aproximadamente, un 10 por ciento a los consumidores primarios; de la energía que estos últimos obtienen en la biomasa fotosintética, ceden, aproximadamente un 10 por ciento a los consumidores primarios, y así sucesivamente.

No obstante, el que el productor de plusvalía sea el obrero, según Marx, dificultaría la analogía última que se quiere hacer: en un caso, el primer eslabón del sistema productivo (el obrero) es el generador de plusvalía. En el otro caso, un agente externo al sistema (el sol), es el generador de la energía que será distribuida entre los diferentes niveles tróficos del sistema ecológico.

41 SWEEZY, P., Op. cit. P. 74.
42 MAY R., Op. cit. p. 113.

En este punto, bien podríamos preguntarnos algo que puede sonar impensable para los pensadores marxistas ¿realmente es el obrero el que produce la plusvalía? Miremos esto en detalle.

Marx decía que el proceso productivo podría resumirse en la relación: **D-M-D'** (dinero - mercancía - dinero acrecentado). Por supuesto D < D', y la diferencia entre los dos la llama Marx Plusvalía[43]. Los capitalistas compiten por obtener para sí tal plusvalía, a través del apoderamiento del mercado. ¿De dónde sale esa diferencia entre **D** y **D'**? Marx dice que la crea el obrero y la llama plusvalía, **P**. Este excedente, **P**, lo crea, dice Marx, el obrero: en su trabajo, el obrero trasfiere valor del desgaste de las maquinarias y el valor de los materiales utilizados, a la mercancía. Eso constituye el capital constante, **C**. De otra parte, el obrero, como fuerza de trabajo, tiene un valor, valor que está representado por el valor de las mercancías que él necesita consumir para continuar siendo una fuerza de trabajo. El obrero transfiere también el valor de su fuerza de trabajo a la mercancía (y lo recupera, más o menos, mediante el salario). Eso constituye el capital variable **V**. Pero, sostendría Marx, el obrero, además de transferir el valor de máquinas y materiales, y de la fuerza de trabajo en las mercancías, crea un valor excedente. Ese valor excedente que crea el obrero -al mismo tiempo que conserva los valores de máquinas, materiales y fuerza de trabajo-, es llamado por Marx plusvalía. "... El carácter del trabajo como conservador de valores durante el mismo proceso indivisible es sustancialmente distinto de su carácter como fuente de nuevo valor. Cuanto mayor es el tiempo de trabajo necesario absorbido durante la operación de hilado por la misma cantidad de algodón, tanto mayor también el valor nuevo que al algodón se añade; en cambio, a medida que aumentan las libras de algodón que se hilan durante el mismo tiempo de trabajo aumenta el valor antiguo conservado en el producto… el conservar valor añadiendo valor es, pues, un don natural de la fuerza de trabajo puesta en acción, de la fuerza de trabajo viva, un don natural que al obrero no le cuesta nada y al capitalista le rinde mucho, pues supone para él la conservación del valor de su capital"[44].

[43] SWEEZY, P., Op. cit. p. 70.
[44] MARX, C. *El Capital*, T. I. Segunda edición en español. Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 1976.

La propuesta de Marx indicaría lo siguiente: se reúnen en el proceso productivo máquinas, materiales y fuerza de trabajo. Antes del proceso productivo el valor de todos ellos suma un valor general, es decir, antes de la producción nueva se tiene un valor determinado. Después de la producción (sin que el sistema máquinas-materiales-fuerza de trabajo perciba ninguna entrada adicional), Marx dice que se **conserva** el valor inicial, pero que además se crea un valor adicional fruto del trabajo del obrero. Al final, el sistema como conjunto, habrá crecido (al final habría más valor que al comienzo de la producción referida) sin que hubiese entrado nada en el sistema. Esto alcanza a sonar, un poco, como si en un sistema termodinámico aislado, después de sufrir algún proceso, su energía pudiera aumentar. Por supuesto, no se pueden, de ninguna manera, hacer equivalentes valor y energía; son conceptos muy diferentes. Sin embargo, vale la pena decir que es posible elaborar una mercancía mediante un proceso que requiera un mayor número de horas de trabajo que en un proceso, con alguna innovación, es decir, en el primer caso, la mercancía tendría un valor y, por tanto una plusvalía $\mathbf{P_1}$, en tanto que en el segundo caso, la mercancía tendría otro valor (menor) y, por tanto, una plusvalía $\mathbf{P_2}$. Marx sabía esto, y por esto hablaba de trabajo socialmente necesario. Sin embargo, determinar el valor de una mercancía particular en el mercado, producida de diferentes maneras y con diferentes innovaciones, resulta ser del todo dificultoso. Y esto nos lleva, de inmediato a la plusvalía: ¿la produce el trabajador? Veamos un par de ejemplos antes de responder.

En la evolución de los seres vivos, la siguiente situación es recurrente en los diferentes organismos: los caballos comedores de hojas de árboles fueron reemplazados por los caballos comedores de hierbas. Aunque convivieron durante un tiempo largo, los caballos comedores de hierbas reemplazaron, evolutivamente, a los otros, y fueron los ancestros de los actuales caballos, cebras y asnos[45]. La invención de la alimentación mediante hierbas era más eficiente: comparando los dos tipos de caballo (comedores de hojas y comedores de hierbas), efectuando el mismo esfuerzo (invirtiendo, por ejemplo, la misma cantidad de energía en la

[45] MAYNARD SMITH, J. *La Teoría de la Evolución*. Madrid: Editorial Hermann Blume, 1984, pp. 294 y sts.

búsqueda de alimento y en la degradación del alimento para la obtención de energía y materia necesarias), los dos caballos obtenían ganancias (llamemos ganancia a lo obtenido por el proceso) diferentes. Finalmente, fueron seleccionados los caballos comedores de hierbas por su mayor eficiencia. Aquí lo que hay detrás de todo es un proceso de azar y necesidad: aleatoriamente –independientemente de la presión del medio- los segundos caballos introdujeron una innovación. Esta innovación, por sí sola, no garantizaría su selección. Sin embargo, fueron seleccionados los caballos más eficientes, los innovadores: invertían menos obteniendo más. Entonces, ciertas inversiones son seleccionadas, otras son eliminadas de la competencia. La relación entre inversión y ganancia, aquí, es de azar y necesidad. La ganancia en materia y energía de estos caballos procedía, en última instancia, de las plantas herbáceas las cuales, a su vez, debían producir un excedente poblacional para no sucumbir. Es decir, la ganancia procedía del contexto de los caballos.

El otro ejemplo se basa en la transmisión cultural en los macacos. Ciertos macacos del Japón recibieron, alguna vez, y por parte de algunos antropólogos, unos granos de trigo que le fueron arrojados a la arena[46]. Comenzaron a separar los granos de trigo para comerlos. Algún día, una hembra joven, llamada Imo, tuvo la fortuna de arrojar un puñado de arena con granos de trigo al agua de la orilla del mar. Los granos de trigo flotaron, mientras que los de arena, por supuesto, se hundieron. La invención de Imo fue maravillosa: podía obtener fácilmente granos de trigo sin invertir tanto esfuerzo (como el requerido para separar manualmente granos de arena y de trigo). Rápidamente, los demás miembros jóvenes del grupo imitaron el comportamiento de Imo, mientras que los más viejos persistieron en la separación manual. Con los años, el comportamiento menos eficiente de la separación manual fue eliminado culturalmente de la competencia por el comportamiento más eficiente de Imo. Hoy, los macacos descendientes continúan separando los granos de trigo de los de arena según la invención de Imo: se invierte menos y se gana más. Por supuesto, aquí hay, también, una relación de azar y necesidad (culturales): se selecciona culturalmente el comportamiento más

[46] SAGAN, C. *Los Dragones del Edén*. Primera edición. Barcelona: Ediciones Grijalbo, S.A., 1980, pp. 149-150.

Bioética

eficiente: el invertir menos para ganar más se selecciona culturalmente. También en este caso, las ganancias procedían, en última instancia, de la energía y materia de los granos de trigo que eran suministrados por los antropólogos (en últimas, de los antropólogos mismos), es decir, las ganancias procedían del contexto de los macacos.

Los dos ejemplos anteriores nos indican algunas cosas: en primera instancia, no existe una relación necesaria entre inversión y ganancia; la relación entre inversión y la posible ganancia, en primera instancia, es aleatoria; la relación entre inversión y ganancia depende del contexto en el cual se dan ellas, y no únicamente de quien (con todo su metabolismo y de su capacidad de transformar lo que entra en el organismo) hace la inversión; sobreviven (evolutiva o culturalmente) los mejores balances entre inversión y ganancia, es decir, las inversiones que en el correspondiente contexto, resulten ser más eficientes. La ganancia no la produce el individuo por sí solo.

Pasamos, de nuevo, a la idea de la plusvalía de Marx. Según él, el valor de una mercancía está conformado por tres partes, la primera, es el valor de los materiales y máquinas utilizadas; el llamado capital constante (**C**), la segunda, restituye el valor de la fuerza de trabajo, y es el capital variable (**V**), y la tercera es la plusvalía. De esta forma, el valor de la mercancía resulta del total de estos tres elementos = **C + V + P**. En el proceso de producción, el capitalista, después de un ciclo -si le va bien- obtiene un **D'** que contiene su **D** inicial, más un excedente: la plusvalía (**P**). Cuando el capitalista invierte esa **P** (o la mayor parte de ella) en la producción (además del **D**) -para obtener otra **P** mayor que la primera- en un segundo ciclo, se habrá dado comienzo, como ya se dijo, al proceso de acumulación del capital[47]. La pregunta sigue siendo ¿produce el trabajador la plusvalía, es decir, la diferencia entre lo invertido y lo obtenido? Ya sabemos que los caballos comedores de hierbas y los macacos (su metabolismo) no producen la diferencia entre lo invertido y lo obtenido.

La idea es la siguiente: después del proceso productivo de la mercancía, el capitalista la entrega al mercado con un determinado precio, según

[47] Sweezy, P., Op. cit. p. 70.

Marx, correspondiente al valor de la mercancía. Si el mercado (el contexto) no compra su mercancía a tal precio, tendrá que bajarle de precio para no sucumbir. ¿Significa esto que la plusvalía disminuyó? Marx diría que no; diría que, por asuntos de mercado, el capitalista tuvo que ceder parte de la plusvalía para subsistir, y que la plusvalía no puede generarse en el proceso de intercambio de mercancías por dinero, pues aquí se esta efectuando un simple proceso intercambio de equivalentes que no le agrega, ni le quita, ningún valor a la mercancía. Sin embargo, por lo mencionado más arriba (caballos e Imo), nosotros diríamos que la diferencia entre la inversión y la ganancia no depende de la inversión, ni del proceso productivo de la mercancía, esa diferencia se logra porque esta producción resulta ser más eficiente que otros procesos de producción diferentes al proceso en cuestión; esa diferencia se define en el contexto de la producción de la mercancía.

Esto resulta ser más claro –y Marx era consciente de esto- en la innovación: con la innovación produzco lo mismo con una inversión menor (o produzco más con una inversión semejante), y mis ganancias resultan ser mayores, con lo cual mi empresa, a la larga será seleccionada culturalmente y sobrevivirá. Otra vez ¿de dónde resulta esa ganancia acrecentada con la innovación? Esto es del todo semejante al ejemplo de la innovación de Imo: se obtienen mayores granos con (supongamos) la misma inversión. En el caso de la innovación del capitalista (generalmente, las innovaciones en el sector productivo se introducen en épocas de crisis), se produce un mayor número de mercancías con (supongamos) una inversión semejante. No hay nada en Imo que le permita predecir de antemano, y por la innovación, cuál será la diferencia entre lo invertido y lo obtenido. De igual manera, no hay nada en el capitalista que le permita predecir de antemano y por la innovación cuál va a ser la diferencia entre lo invertido y lo obtenido. ¿Venderá todas las mercancías producidas mediante la innovación? ¿Cambiarán rápidamente los precios de la mercancía con la innovación? Entonces ¿cambiará la plusvalía para los no innovadores? Todas estas cuestiones no dependen del capitalista, sino del contexto. De esta forma, él no sabrá, de antemano, cuál será la diferencia entre lo invertido y lo obtenido. Otra vez juegan aquí un papel importante los aspectos de azar y de necesidad. La innovación, por sí misma, no determina cuánto se va a obtener en el proceso de las

Bioética

salidas de las mercancías. En este sentido, y en su primer momento, la introducción de la innovación es un factor aleatorio. Ahora bien, si el capitalista, con la innovación, logra la realización de las mercancías, entonces, posiblemente sacará de la competencia al capitalista que no introduzca la innovación.

La diferencia entre lo invertido y lo obtenido se define en el contexto productivo, no dentro de la fábrica o la empresa. Y esa diferencia no la producirá el obrero, como dice Marx, o el trabajador, sino que resulta de procesos de azar y de necesidad en los que está involucrado, por completo, el contexto de la fábrica o empresa. Si seguimos empecinados en que el valor de la mercancía depende de: **C + V + P**, es decir, si insistimos en introducir **P**, entonces, no podremos entender el papel preponderante del contexto en la diferencia entre inversión y ganancia. La referida diferencia entre lo invertido y lo recuperado (plusvalía) no la produce el obrero. Esta diferencia ("plusvalía") es seleccionada porque resulta ser más eficiente que las otras diferencias ("plusvalías"), y la selección sólo puede buscarse en el contexto productivo, no dentro de la fábrica, ni de la empresa. El origen de la plusvalía debe buscarse en el contexto productivo. En general, el origen de toda la plusvalía del sistema productivo debe buscarse fuera del sistema productivo, de igual manera que el origen de toda la energía del ecosistema debe buscarse fuera del propio ecosistema: es el sistema productivo, como un todo, que es seleccionado por su capacidad de lograr una mayor ganancia con relación a lo invertido. Por supuesto, esta posibilidad de obtener esa "plusvalía" para el sistema productivo surge dentro de una situación de azar y necesidad, de igual manera que en los ecosistemas, la ganancia energética después de la inversión surge dentro de una situación de azar y necesidad.

Habiendo llegado a este punto, entonces, y aceptando que la "plusvalía" de la empresa o de todo el sistema productivo, habría que buscarla por fuera de la empresa o por fuera de todo el sistema productivo, entonces podríamos decir que es posible establecer una analogía entre el hecho de que la "plusvalía" se debe distribuir en los diferentes estratos sociales del sistema productivo, y el hecho, aproximado, de que la energía del sol debe ir disminuyendo en un, aproximadamente, 10 por ciento entre un nivel trófico y el siguiente nivel del ecosistema.

Bibliografía

ÁVAREZ, S., y otros, *La síntesis emergética ("emergy synthesis"). Integrando energía, ecología y economía*. Universidad Autónoma de Madrid, 2006. En la red.

ARACIL, J. *Introducción a la Dinámica de Sistemas*. Primera edición. Madrid: Alianza Editorial, 2003.

ARACIL, J. y GORDILLO, F. *Dinámica de sistemas.* Madrid: Alianza Editorial, S. A., 1977.

BLECUA, J. M. *Revolución en la lingüística*. Barcelona: Salvat Editores, S. A., 1973.

EIBESFELDT, I. E. *Etología.* Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1974.

HALLIDAY, M. A. K. *El Lenguaje como Semiótica Social*. Primera edición en español. México: Fondo de Cultura Económica, 1982.

HUDSON, R. D. *La Sociolingüística.* Barcelona: Editorial Anagrama, S.A., 1981.

KALECKI, M., *Estudios sobre la Teoría de los Ciclos Económicos*. Barcelona: Ediciones Ariel, 1970.

KANDEL, E. Microsistemas de Neuronas, en *El cerebro.* Segunda edición. Barcelona: Editorial Labor, S.A., 1981.

LE ROY MILLER, R. *Microeconomía*. Primera edición en español. México: Mc Graw Hill, 1984.

LORENZ, K. *Sobre la agresión: el pretendido mal.* México: Siglo XXI Editores, S.A., 1981.

MARGALEF, R. *La Biosfera, entre la Termodinámica y el Juego*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1980.

MARGALEF, R. *Perspectivas de la Teoría Ecológica*. Primera edición. Barcelona: Editorial Blume, 1981.

MARGALEF, R. *Ecología*. Primera edición. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1982.

MAYNARD SMITH, J. *La Teoría de la Evolución*. Madrid: Editorial Hermann Blume, 1984.

MARX, C. *El Capital*, T. I. Segunda edición en español. Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 1976.

MAY, R. La Evolución de los Sistemas Ecológicos, en *Evolución.* Barcelona: Editorial Labor, S.A., 1979.

ODUM, E. *Ecología*. Tercera edición. México: Nueva Editorial Interamericana, S.A., 1972.

ODUM, H. *Ambiente, Energía y Sociedad*. Primera edición. Barcelona: Editorial Blume, 1980.

RAMOS – MARTÍN, J. Empirismo en economía ecológica: una visión de los sistemas complejos. *Revista Economía Crítica*, (1): 75 – 93, 2003.

SAGAN, C. *Los Dragones del Edén*. Primera edición. Barcelona: Ediciones Grijalbo, S.A., 1980.

SCHAFF, A. *Lenguaje y conocimiento*. Mexico D. C.: Editorial Grijalbo, S.A., 1967.

SWEEZY, P. *Teoría del Desarrollo Capitalista*. Primera edición en español. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1977.

TOLEDO, V. Y GONZÁLEZ DE MOLINA, M. El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. En: *El paradigma ecológico en las ciencias sociales*, F. Garrido y otros (eds). Barcelona: Icaria Editorial, 2007.

YUEN REN CHAO. *Iniciación a la Lingüística*. Segunda edición. Madrid: Ediciones Cátedra, S.A., 1977.