

## Gestión ambiental y cambio del paradigma científico

J.P. de Nicolás<sup>1</sup>, F.J. Ferrer<sup>1</sup> & P.G. Cabrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Grupo de Ecología Aplicada (G.E.A.). Departamento de Parasitología, Ecología y Genética. Universidad de La Laguna, Avda. Astrofísico Fco. Sánchez s/n. 38206-la Laguna, Santa Cruz de Tenerife. Spain*

### Resumen

Las dificultades surgidas en la gestión ambiental y más en concreto en la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) plantea la necesidad de renovar el paradigma científico, pues el carácter analítico de la ciencia convencional conduce a modelos fragmentados sobre la dinámica ambiental poco significativos que llevan a cuestionarnos la conveniencia de fundamentar la gestión ambiental sobre el actual paradigma científico.

La problemática referida no se restringe al medio ambiente sino que afecta a otras disciplinas relacionadas con la gestión de sistemas complejos como la Economía, la Ecología, el Derecho y la Sociología. Por lo que las formulaciones que se ofrecen tienen un interés más amplio que el meramente ambiental.

Se propone ampliar la perspectiva del método científico incorporando a la propia metodología científica la idea de cambio adaptativo por prueba y error normalmente utilizada para interpretar la dinámica de la Naturaleza posibilitando la apertura de la ciencia a nuevas fuentes de conocimiento relacionadas con las emociones y con la gestión, a través de la integración científica y la participación pública.

El planteamiento aludido subyace en las formulaciones de la NEPA inicial sobre Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), pero ni la legislación europea ni la española han profundizado suficientemente en tales concepciones, careciéndose de un esquema conceptual que permita superar las dificultades surgidas sobre la aplicación de la EIA y sobre el aprovechamiento de los recursos renovables.

### Planteamiento

El cambio de sensibilidad ambiental iniciado en los años sesenta (Carson, 1969) se ha extendido a diversos estratos de la población, a organizaciones públicas y a entidades privadas que anteriormente permanecían ajenas al fenómeno, hasta el extremo de que en la actualidad las cuestiones ambientales se cuentan entre los temas que más motivan a la población de los países desarrollados.

Mientras el sistema científico tradicional no ha sido capaz de ofrecer un modelo satisfactorio de gestión ambiental, han surgido

formulaciones particularmente sugerentes fuera del ámbito académico como la regulación de la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) recogida en la National Environmental Policy Act (NEPA, 1969) de los Estados Unidos de América, que ha inspirado la legislación ambiental de la mayoría de los países desarrollados. Sin embargo, la legislación comunitaria y la española han prestado mayor atención a la letra de la NEPA que a las novedosas concepciones aportadas, mutilando su esencia por el escaso desarrollo de la participación pública (Allende, 1990, 1993), la inexistencia de un Consejo Rector del Medio

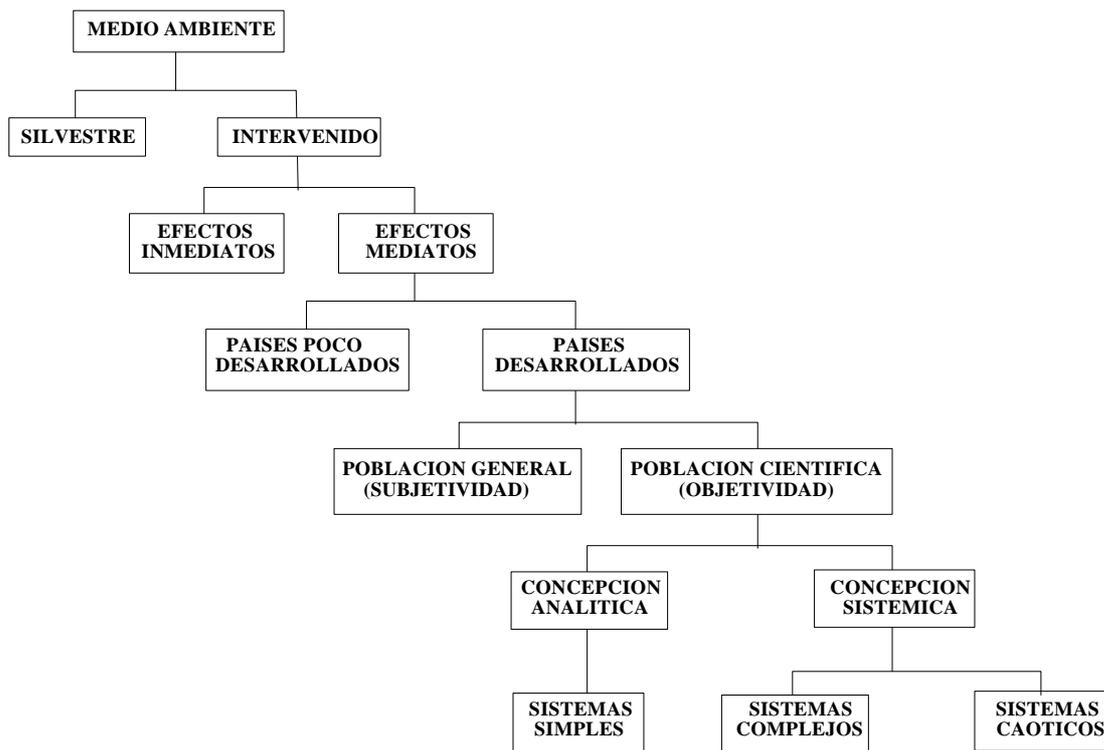


Fig. 1.- Diferenciación progresiva de componentes y de conceptos relacionados con la interpretación ambiental.

Ambiente, la restricción de la EIA a la evaluación de proyectos sin atender a la evaluación de planes y de políticas (Lee & Walsh, 1993), y por el excesivo reglamentismo de algunas regulaciones (Martín Mateos 1991, 1992; Vidal, 1992) que han motivado que se susciten numerosas dudas sobre la aplicación de la EIA (Seanland & Duinker, 1983) y sobre su relación con la elaboración de proyectos<sup>i</sup>, con la planificación territorial<sup>ii</sup> (Suarez, 1991) y con la definición de las estrategias de conservación (Suarez & Peco, 1990).

<sup>i</sup>Aunque el proyectista realice un diseño ambiental óptimo, deberá realizarse una evaluación del impacto ambiental independiente, pues aunque el mínimo impacto previsible hubiera sido minimizado, pudiera no ser asumible políticamente.

<sup>ii</sup>En principio la EIA representa un procedimiento más flexible que la planificación territorial al asumir una filosofía sobre la Naturaleza más pragmática e integradora.

Aunque se ha procurado corregir algunas dificultades (C.E.E., 1993) mediante la introducción del concepto de interdisciplinariedad, de la teoría de sistemas, del análisis multivariante, de técnicas de optimización multiobjetivo y de procedimientos de cartografía automática no se ha alcanzado la necesaria capacidad de predicción y de control ambiental. Posiblemente porque muchas de las limitaciones encontradas, como la ineficiencia de la planificación centralizada y de las externalidades de la economía de mercado (Kapp, 1966) no tienen naturaleza técnica sino que tienen raíces más profundas relacionadas con el estilo de vida de la población, resultado del carácter analítico de la ciencia, de la naturaleza caótica de algunos sistemas (Gleick, 1988) y de las dificultades experimentales propias de los sistemas complejos (experimentos irrepetibles, difícil control de los factores, falta de ortogonalidad y múltiples

interacciones).

Todo ello sugiere que el paradigma científico tradicional no constituye el soporte adecuado para la gestión ambiental ni para la gestión de los sistemas complejos considerados por la Sociología, la Política, la Gestión empresarial, la Gestión de los Recursos Renovables y la Economía (Naredo, 1987) necesitándose de un nuevo paradigma asumible por biólogos, físicos, geógrafos, sociólogos y políticos. De forma que las reflexiones planteadas inicialmente en torno a la gestión ambiental van a tener un interés general, no sólo científico sino también socioeconómico y político.

Aunque cabría esperar que la dinámica social terminará por relegar al olvido los paradigmas ineficaces, el ajuste puede retrasarse varias décadas, siendo conveniente acelerar el cambio criticando la coherencia interna y externa del sistema científico en sus puntos débiles relacionados con la visión fragmentada que ofrece sobre la realidad, sin esperar demasiado de los análisis académicos<sup>iii</sup> debido a que suelen prescindir de las contradicciones socioeconómicas de sus modelos, reflejadas en la escasa adaptación de los programas docentes a las necesidades de la sociedad actual<sup>iv</sup>.

### **Fragmentación de la percepción ambiental**

La percepción fragmentada de la realidad se debe a que la ciencia analítica ha propiciado la

<sup>iii</sup> Sorprende que universidades con miles de profesores y decenas de miles de alumnos estén gestionadas por personas sin especial formación en gestión. El ejemplo del periódico *Le Monde*, eligiendo un director-gestor en lugar de un periodista como era habitual, es una referencia a considerar.

<sup>iv</sup> Con cierta frecuencia la defensa de las tesis doctorales se limita al análisis de detalles intrascendentes, que evitan la reflexión crítica sobre los fundamentos y sobre los objetivos de la investigación. Por otro lado, algunas asignaturas se mantienen por inercia y porque en la redacción de los Planes de Estudio priman más los intereses personales y de escuela que las necesidades sociales y de los alumnos.

progresiva diferenciación de componentes y conceptos, sin ofrecer una alternativa integradora. Lo cual se manifiesta en el campo ambiental en la excesiva diferenciación entre áreas silvestres y zonas intervenidas, como si se tratara de realidades esencialmente diferentes; en la especial ponderación de los aspectos ambientales negativos del desarrollo durante los periodos en que dominan actitudes románticas<sup>v</sup>; y en la drástica distinción entre los impactos ambientales negativos ligados a la contaminación y los relacionados con la degradación del paisaje<sup>vi</sup>.

Por otro lado, existen diferencias regionales y sociales que complican la situación, como en el caso de la explotación de los bosques amazónicos, que constituyen una cuestión de subsistencia inmediata para la población de los países amazónicos, mientras que para la población de los países desarrollados representa una cuestión relacionada con la calidad de vida y la subsistencia de las generaciones futuras (Sutcliffe, 1992). Incluso, no es homogénea la percepción en los países desarrollados, pues mientras la población pondera fundamentalmente los componentes emocionales (Shiva, 1993), hasta el extremo de identificar lo ecológico con la estética del paisaje, los científicos centran su interés sobre aspectos intelectuales de carácter global (destrucción de la capa de ozono, el cambio climático y la conservación de la biodiversidad) o más especializado y simple (contaminación del aire) (Fig. 1).

Tal fragmentación ofrece una imagen esquizofrénica sobre el medio ambiente, que se mantiene por la inercia del éxito teórico, tecnológico y económico alcanzado por la

<sup>v</sup> Se manifestaron actitudes románticas respecto a la Naturaleza durante el Imperio Romano a través de las églogas de Virgilio; durante el siglo XVII español, a través de la novela pastoril; durante el Romanticismo del siglo XIX, en múltiples manifestaciones, y en la actualidad, en parte del movimiento ecologista.

<sup>vi</sup> Se incluyen la pérdida de valores naturales, de la estética del paisaje y de valores culturales e históricos.

ciencia clásica con relación a la gestión de sistemas simples<sup>vii</sup>, que propició una estrecha alianza entre política y ciencia<sup>viii</sup>. Sin embargo, esta situación no es sostenible por la necesidad de gestionar sistemas complejos resultado de tener que optimizarse desde la perspectiva de la calidad de vida, del desarrollo económico y de la dinámica social, que reclaman algo más que soluciones técnicas, como pudiera ser la mejora de los procedimientos de muestreo en campo para aproximarlos a los experimentos en condiciones controladas<sup>ix</sup>, para exigir la formulación de un nuevo paradigma que permita integrar la visión de las ciencias analíticas con la visión de la Filosofía, de la Estética y de la Economía, entorno al concepto de *integración*.

### Exigencias de la integración

Aunque la necesidad de una visión más integrada sobre la Biosfera fue formulada por Bernáldez en los años setenta y así se asume generalizadamente en la actualidad, los progresos al respecto se han limitado a

<sup>vii</sup>Los sistemas simples constan de pocos elementos con escasas interacciones y de naturaleza lineal. Se les atribuye carácter incremental en el sentido de que "el todo es igual a la suma de las partes", admitiéndose al respecto que se puede recomponer el todo a partir de la descripción analítica de sus partes, siendo su funcionamiento predecible además de reversible. Un ejemplo emblemático de sistema simple sería el reloj mecánico.

<sup>viii</sup>Frecuentemente los políticos recurren a la ciencia como si se tratara de un oráculo capaz de ofrecer soluciones definitivas a cuestiones que pretenden sustraer al debate político, instrumentalizando el prestigio de científicos en el ámbito de la astronáutica y de la astronomía donde los sistemas son más simples. Pues pese a que la complejidad parece grande en estos ámbitos, resulta inferior que en numerosas cuestiones cotidianas que parecen relativamente simples.

<sup>ix</sup>En las ciencias experimentales como la Física y la Química es posible diseñar experimentos cuyos resultados son relativamente concluyentes gracias a que es posible diseñar experimentos ortogonales en los que se puede analizar la significación de cada factor aplicando casi automáticamente procedimientos estadísticos de evaluación de hipótesis ANOVA.

innovaciones de carácter informático que carecen de especial relevancia para la formulación de un paradigma integrador. Pues la restricción del concepto de integración a la mera interdisciplinariedad, entendida como yuxtaposición de interpretaciones sectoriales, resulta a todas luces insuficiente, debido a que cada ciencia constituye un sistema de datos, patrones, modelos y teorías que se articulan para optimizar la solución de determinadas cuestiones, que no coinciden necesariamente con las cuestiones ambientales, que no se habían formulado cuando se estructuraron las ciencias clásicas. De forma que la mayoría de las aproximaciones interdisciplinarias no han servido sino para poner en evidencia las carencias, redundancias e incongruencias que se producen entre informaciones provenientes de fuentes diferentes.

Más comprensiva es la aproximación de la Ecología al integrar datos asociados tradicionalmente a ciencias analíticas como la Física, la Química, la Biología, la Geología y las Matemáticas. Pero se trata de una ciencia configurada cuando la problemática ambiental ya estaba planteada y que ha requerido una intensa reflexión metodológica en torno a leyes generales aplicables a la realidad física y a los seres vivos, como la conservación de la materia y de la energía, la continuidad e impenetrabilidad de la materia a ciertas escalas, la significación del espacio y del tiempo, y la contraposición entre el control de los sistemas<sup>x</sup> y la libre combinación de sus elementos (Whyte, et al., 1968). Pero presenta la limitación de que, excepto en pocos manuales (Ricklefs, 1991; Sting, 1993, Bernáldez, 1958) se presta escasa atención a los aspectos etológicos<sup>xi</sup> y emocionales, aunque la información emocional es tan significativa

<sup>x</sup>Un tema de tanto significado como la sucesión ecológica, sobre el cual se han acumulado infinidad de interpretaciones, tiene mucho que ver con el control de la variedad específica.

<sup>xi</sup>En los manuales de Ecología se considera fundamentalmente el flujo de la materia y de la energía, la dinámica de las poblaciones y la sucesión de las comunidades.

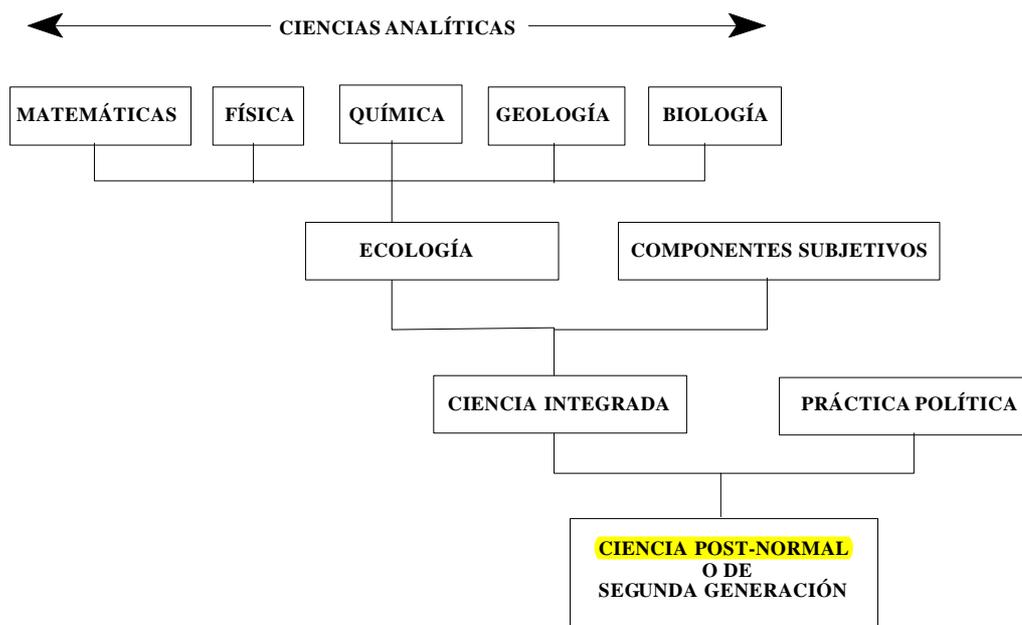


Fig. 2.- Proceso de integración (de arriba a bajo) de perspectivas que deberían posibilitar un paradigma científico realmente integrador.

como la intelectual (Humboldt, 1808) y los factores etológicos (Appleton, 1993) y emocionales (Tapies, 1993; Manrique<sup>xii</sup>) resulten claves para interpretar la dinámica de la Biosfera humanizada o Noosfera.

De ahí que el paradigma referido debiera permitir dar un paso adelante en el proceso de integración científica, incorporando aspectos emocionales que tradicionalmente habían sido excluidos por la ciencia y consideraciones de carácter práctico relativas a la toma de decisiones tecnológicas, empresariales o políticas, en la línea de lo que Funtowicz (1992) denomina ciencia post-normal, pero que mejor podría denominarse ciencia de lo complejo o de segunda generación (Fig. 2).

La ampliación referida exige ampliar extraordinariamente la complejidad de los modelos o bien renunciar a la formulación de modelos deterministas que resultarían

<sup>xii</sup>Cesar Manrique, conocido por su defensa de la isla de Lanzarote y por el diseño de obras caracterizadas por integrar la Naturaleza en la obra arquitectónica, comentaba que fundamentalmente se inspiraba en la Naturaleza para desarrollar su arte.

inmanejables en la práctica, debiéndose optar por modelos estocásticos como la temperatura, el producto interior bruto o la diversidad específica (De Nicolás, 1991) utilizados en los campos de la Termodinámica, de la Economía y de la Ecología, respectivamente. Gracias a lo cual, a costa de admitir un mayor margen de indeterminación que el tradicional, es posible formular modelos comprensivos que permiten la apertura de la ciencia al mundo de la intuición, del arte y de los instintos, desdeñados por la ciencia tradicional. Lo cual exige profundizar sobre la evolución histórica de la metodología científica y su progreso durante el último milenio<sup>xiii</sup>.

<sup>xiii</sup>La teoría y la práctica representan dos perspectivas sobre una misma realidad que, según las circunstancias, puede parecer una más significativa que la otra. Precisamente, cuando se necesita cambiar de paradigma resulta insustituible la reflexión teórica, cabiendo decir al respecto que nada hay tan "práctico como una buena teoría". De hecho los grandes científicos a los que se asocia un cambio de paradigma, como Newton, Leibniz, Galileo, Descartes, despuntaron en el campo de la filosofía.

## Las concepciones intelectuales sobre la realidad

Para el análisis histórico de la ciencia resulta práctico diferenciar entre los cambios intelectuales profundos referidos por Kuhn (1962) como cambios de paradigma y el cambio suaves asociados a la ciencia normal.

Con relación a los cambios de paradigma, la primera gran transformación de las concepciones intelectuales de la humanidad podría asociarse al desarrollo de la agricultura y de las ciudades como consecuencia de la presión demográfica y la necesidad de adoptar formas de organización que posibilitaran mantener mayor densidad de población que las sociedades de cazadores y de recolectores, iniciándose un proceso de desarrollo económico que originaría la pérdida de calidad de vida como consecuencia de desajustes emocionales originados por el distanciamiento del contacto con la Naturaleza silvestre.

El mundo griego contribuyó a paliar tal desequilibrio emocional aportando concepciones intelectuales y estéticas basadas sobre los conceptos idealistas de racionalidad, de bien y de belleza que en el campo científico se traduciría en el liderazgo del paradigma intelectual representado por la Geometría de Euclides y de Pitágoras, del siglo III a.c. al siglo XV d.c. Mientras, quedaban relegadas las concepciones atomistas de Demócrito y las aplicaciones prácticas, posiblemente porque los condicionamientos que motivaron el nuevo paradigma no eran materiales, resueltos gracias al trabajo de los esclavos (Farrington, 1969), sino relacionados con la insatisfacción emocional propiciada por el distanciamiento del hombre de la Naturaleza silvestre, cuya solución se trató de abordar a través de la creación artística y literaria, así como de la reflexión intelectual (De Nicolás, 1990)<sup>xiv</sup>.

A partir del siglo XV se produciría la

---

<sup>xiv</sup>Cabe referir una clara correlación entre el desarrollo de la agricultura y la aparición de las ciudades con el desarrollo económico y el desarrollo artístico.

paulatina sustitución del anterior paradigma por uno nuevo en que las concepciones idealistas relativas a la admisión de una verdad objetiva quedaban mitigadas por el nominalismo tomista y por concepciones atomistas, que propiciaron la consolidación del método científico (Acroff, 1962) en el que se prestaba especial atención a la comprobación experimental de las teorías y a las aplicaciones prácticas que culminarían en la revolución industrial de los siglos XVIII y XIX. Posiblemente porque la nueva concepción volvió a estar condicionada por la necesidad de aliviar la presión demográfica, cuando ya no era posible recurrir al esclavismo, optándose por el desarrollo tecnológico y la sustitución del paradigma de la Geometría por el paradigma representado por la Mecánica de Galileo, Newton y Laplace, del siglo XVI al XIX.

Sin embargo, el tiempo vendría a poner en evidencia las limitaciones del anterior esquema, que había sido extraordinariamente fértil en interpretaciones y en aplicaciones prácticas relacionadas con sistemas simples, pero que comenzaba a mostrarse insuficiente para interpretar y gestionar la complejidad de los sistemas naturales, evidenciado por la Taxonomía. Pero a lo cual no surgiría una alternativa hasta la segunda mitad del siglo XIX gracias a la teoría evolutiva de Darwin, que explicaba la diversidad de los organismos como resultado de la combinación de la variación y de la selección natural, pero que con el tiempo iluminaría el campo de la Sociología, la Psicología y la Gestión ampliando el estrecho marco de la Mecánica. No obstante no se asumiría el cambio de concepción hasta que los planteamientos relativistas de Einstein desmoronaron el sólido mundo de evidencias creado por Newton, posibilitando que la Biología sustituyera a la Física en el liderazgo intelectual que había mantenido hasta el siglo XIX.

La situación actual es heredera de la concepción evolucionista de Darwin y de la crisis de la Mecánica, a la vez que ha surgido un cambio de la sensibilidad ambiental, que determina que la ciencia no pueda seguir ignorando los aspectos emocionales ni

		PREDICTIVILIDAD DE LA VARIACION AMBIENTAL		
		ALTA	MEDIA	BAJA
MODELO DE CAMBIO ADAPTATIVO	SUSTITUTIVO			CATACLISMOS
	PLASTICO		APRENDIZAJE	
	EVOLUTIVO	EVOLUCION		

Tabla 1. Relación entre la estrategia adaptativa de la vida (sustitutiva, plástica o evolutiva) en función de la predictibilidad de las condiciones ambientales.

soslayando la gestión de los sistemas complejos. Cuestión cuya solución resulta particularmente difícil a pesar de la ayuda que pudieran representar los extraordinarios avances experimentales en los campos de las telecomunicaciones y de la informática, hasta el extremo que resulta irresoluble sin la necesaria renovación conceptual que permita integrar el desarrollo económico, social y de la calidad de vida, acorde con el desarrollo demográfico y la variación de las motivaciones de la población según el esquema de Maxlow. De forma que en unos casos la ciencia se asocia más al desarrollo socioeconómico mientras que en otros estaría especialmente relacionada con la mejora de la calidad de vida, siguiendo una secuencia determinada que puede presentar diferencias territoriales entre sociedades o áreas rurales menos desarrolladas y áreas urbanas.

### El cambio en la Naturaleza

La difícil interpretación de la naturaleza y dinámica del conocimiento, que ha conducido a la formulación de múltiples concepciones sin alcanzarse una interpretación definitiva, nos ha llevado a explorar la analogía que existe entre el cambio biológico y el cambio científico. Pues aunque el cambio metodológico y el cambio de los organismos han sido objeto de interpretaciones regresivas, neutralistas o progresivas, los patrones del registro fósil a lo largo de miles de millones de años, la actual

diversidad biológica, lo mismo que la variación cultural y científica, sugieren un progreso no lineal, pero sí estadísticamente significativo, cuyo análisis puede ayudarnos a interpretar las claves del progreso en la Naturaleza e iluminar las del progreso científico.

La desaparición de muchas especies y la aparición de otras en el registro fósil durante cortos periodos de tiempo fue interpretado por Cuvier en términos de adecuación a cambios bruscos de las circunstancias ambientales; mientras que el cambio gradual intraespecífico de las poblaciones de organismos fue interpretado evolutivamente por Darwin en términos de variación y selección. De forma que no se trata de interpretaciones contrapuestas, como se ha pensado algunas veces, sino de aspectos complementarios de la estrategia adaptativa global de los seres vivos, que en unos casos garantiza la subsistencia de la vida a costa de ciertas especies (sustitución), mientras que en otros garantiza la subsistencia de las especies a costa ciertos individuos (evolución) (Tabla 1).

La interpretación neodarwiniana del cambio biológico se articula en torno a la capacidad de variación de los organismos por mutación y por recombinación cromosómica, a la selección natural en el marco definido por la dinámica de los ecosistemas y a la transmisión de la información conforme a las leyes de la herencia. Aspectos mutuamente relacionados, pues la transmisión de la información depende

de la variabilidad genética y plástica de los caracteres así como de la predictibilidad de las condiciones del medio. Pero, aunque cabría pensar que la transmisión de las configuraciones mejor adaptadas representa una ventaja que evita repetir una y otra vez el proceso selectivo, tal ventaja no es absoluta sino que depende de la flexibilidad de los caracteres implicados y de la variabilidad ambiental.

En el caso de caracteres adaptativos poco plásticos resulta ventajosa una herencia rigurosa si el medio es estable (estrategia "k"); mientras que si las condiciones ambientales son poco predecibles, resulta más favorable una transmisión poco estricta de los caracteres ya que permite eliminar las configuraciones desajustadas (estrategia "r"). Pero si la impredecibilidad del medio es extrema y están implicados caracteres muy flexibles, llega a ser más ventajosa la no heredabilidad genética de los caracteres y la flexibilidad de éstos, de forma que los caracteres más flexibles y que permiten la adecuación a situaciones cambiantes, como sucede con los instintos, la percepción, el comportamiento y el aprendizaje<sup>xv</sup>, se heredan en muy baja proporción.

En el caso de la población humana, las diferencias en la percepción con valor adaptativo sólo se transmiten genéticamente en contados casos, como sería el de la preferencia generalizada de la población por los paisajes verdes, húmedos y diversos que son buenos indicadores de la productividad de los ecosistemas (Nicolás, J.P. de, 1990); mientras que en la mayoría de los casos las diferencias dependerían del aprendizaje, de la actividad dominante (paisajes canónicos) o de la capacidad para gestionar la actuación entre la

jerarquización total y la descentralización completa.

Desde esta perspectiva general, el cambio cultural y científico constituiría un nivel organizativo caracterizado por la gran magnitud de la variación que presenta la imaginación humana, más flexible que la mutación y la recombinación genética; por la especial capacidad selectiva de las diferentes construcciones mentales en base a criterios de congruencia, de satisfacción intelectual, de adecuación experimental y de economía de recursos, más rápida y eficiente que la selección natural; y por la mayor flexibilidad en la transmisión de la información que ofrecen el lenguaje, la escritura, la imprenta y los sistemas de teleinformática respecto a las leyes mendelianas. De forma que la explicación darwiniana se amplía al ámbito del comportamiento, del aprendizaje y de la ciencia.

Tal ampliación puede extenderse también al mundo físico en base a las formulaciones de Prigogine sobre los sistemas alejados del equilibrio que permiten considerar la Biosfera como un sistema atravesado por un flujo de energía entre el sol (fuente) y el espacio (sumidero) (Ce reigido, 1978). El cual se organizaría a diferentes niveles (físico, biológico, psicológico y cultural) caracterizado cada uno por tasas de variación, selección y transmisión de información características, cuyo valor adaptativo es función de la predictibilidad ambiental. De forma que la estrategia organizativa básica fundamentada sobre la dinámica de prueba y error daría origen a la aparición de estructuras biológicas, psicológicas, socioeconómicas, políticas y científicas (Fig. 3), de entre las cuales puede considerarse definitiva debido a que las condiciones ambientales pueden experimentar oscilaciones imprevistas que desequilibren el sistema.

Una dinámica tan dependiente de las variaciones ambientales no daría origen a estructuras deterministas sino estructuras estocásticas, sobre las cuales, sin embargo, es posible detectar ciertos patrones o regularidades

---

<sup>xv</sup>Resulta asombrosa la influencia del aprendizaje en el comportamiento de los pinzones de las Islas Galápagos extrayendo larvas de insectos que se encuentran en galerías oradadas en la madera utilizando diferentes tipos de espinas según la situación. Sin embargo, donde verdaderamente adquiere su verdadera importancia es en el caso del hombre.

referentes a la progresiva aparición de estructuras físicas, orgánicas y artefactos (máquinas, organizaciones, ciudades y ciencia) progresivamente más complejas en las cuales cada vez es mayor la proporción de mecanismos de regulación a priori que gracias al uso que hacen de la información permiten una utilización más eficiente de los recursos que los mecanismos de regulación a posteriori basados en procesos de retroalimentación negativa, gracias a que ello supone la sustitución de las costosas interacciones directas (depredación, competencia) por interacciones indirectas (crisis, aposematismo) pobres en energía asociadas al concepto de información. Si bien en cualquier momento un cambio brusco de las condiciones puede exigir una reversión del proceso referido.

Tales ideas parecen subyacer en la afirmación de Margalef<sup>xvi</sup> de que "la Naturaleza y nosotros mismos tratamos de controlar el medio, pero finalmente su variación errática echa por tierra tales pretensiones. Lo cual se percibe humanamente como una catástrofe, pero gracias a ello evolucionamos ..." biológica, emocional e intelectualmente. Lo cual equivale a admitir ciertas equivalencias entre el cambio biológico y el cambio científico que sin embargo es preciso contrastar a la luz de las interpretaciones sobre el cambio intelectual que se han realizado a lo largo de la Historia.

### **La naturaleza del cambio científico. Del justificacionismo al pragmatismo**

Los griegos diferenciaban entre la opinión contingente de la población y la doctrina necesaria de los filósofos depositarios de la ciencia formalizada, siendo el conocimiento científico objeto de diferentes interpretaciones, entre las cuales terminarían triunfando los planteamientos idealistas de Pitágoras y de Platón, que atribuían al pensamiento científico la virtualidad de captar la verdad objetiva, reconocida por posteriores concepciones dogmáticas, idealistas y justificacionistas. Mientras los excepticos realizaron una

interpretación más pragmática del conocimiento que no admitía su fundamentación en la evidencia de los sentidos como Aristóteles ni tampoco en la fuerza de la argumentación, como los soristas, sirviendo de fundamento a posteriores concepciones no justificacionistas.

La dominancia de las concepciones justificacionistas se mantendría durante el siglo XIII pese a la influencia del nominalismo escolástico y a la incorporación de la necesidad de la validación experimental como parte esencial del método científico. De forma que Galileo y Newton, aunque de forma particular Laplace y Comte, consideraron que los enunciados de la Mecánica representaban verdades absolutas y que su método debía ser adoptado por las demás ciencias, hasta el extremo de que Smith, Ricardo y Maltus plantearon la estructuración de la Economía tomando la Mecánica como modelo.

Más sorprendente resulta aún que se mantuvieran las concepciones justificacionistas a partir del siglo XIX, una vez que la teoría evolutiva de Darwin había sido ampliamente aceptada, pues suponía que autores que interpretaban la variación de los organismos y de la propia especie humana aplicando criterios evolucionistas, asumían concepciones sobre la ciencia que poco tenían que ver con el proceso por prueba y error atribuido al mundo orgánico. Contribuyéndose a mantener la diferenciación entre realidades calificadas de subjetivas, que han constituido un importante impedimento para alcanzar una visión integrada sobre la realidad.

Tal situación se ha mantenido durante los últimos siglos debido a que las condiciones socioeconómicas no han presionado suficientemente y porque contribuían al disfrute intelectual de una minoría de la población. Sin embargo, esta situación resulta insostenible actualmente debido a que la ciencia ya no es objeto de una minoría, porque el relativismo de Einstein ha minado definitivamente los fundamentos de la Mecánica clásica, y porque el cambio demográfico y de sensibilidad ambiental de la población reclama a la ciencia que se optimicen los procedimientos de gestión

<sup>xvi</sup>Comunicación epistolar.

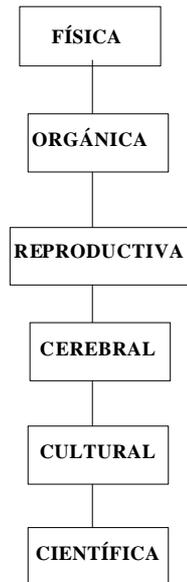


Fig. 3.- Niveles en los cuales cabría diferenciar un proceso de adecuación a las condiciones del medio caracterizado por la combinación de procesos de variación, selección y transmisión de información.

para ofrecer mayor nivel y calidad de vida a sectores más amplios de población. Para cuya solución se ha seguido, por un lado, una vía empírica para la resolución práctica de problemas mediante la globalización y liberalización de la economía y de las relaciones sociales y por otro una vía formalizada y sistemática.

La vía sistematizadora trató de superar el caos de la ciencia justificacionista después de las críticas de Einstein a través del probabilismo de Carnat, que sustituía la exigencia de conocimiento demostrado se sustituía por el requisito más flexible de conocimiento probable. Pero esa concepción sería criticada por Popper proponiendo el falsacionismo ingenuo (Popper, 1961, 1972, 1982) según el cual todo conocimiento científico debería incorporar las condiciones de falsación en que debería ser abandonada la teoría formulada. Ante lo cual Kuhn pondría en evidencia que en una teoría no puede falsarse con unos pocos resultados adversos ya que éstos pueden incorporarse al cuerpo doctrinal criticado sin más que variar las condiciones iniciales o introduciendo hipótesis auxiliares. Lo cual

llevaría a Lakatos a defender un falsacionismo maduro según el cual el conocimiento avanza a través de un proceso de selección de los programas de investigación más ricos en contenido entre varias alternativas, que guarda ciertas analogías con el cambio biológico.

De esta forma, los planteamientos justificacionistas que habían resultado adecuados para la interpretación de sistemas simples con escasas interacciones lineales (simples) y de sistemas complejos fuertemente jerarquizados, serían progresivamente sustituidos por planteamientos más pragmáticos, en los cuales la estructura axiomática-deductiva dejaría de constituir el eje de la creación y fundamentación científica para valorarse como una forma de estructurar la información, como sucede con la Geometría de Euclides, que no debe verse como un punto de partida sino como el resultado formal de conocimientos aportados a través de un largo proceso creativo. Posiblemente la actividad natural y creativa de la inteligencia no ha variado demasiado durante los últimos milenios, limitándose el cambio a la formalización del pensamiento a lo largo de la

historia en lo referente a la concepción sobre la realidad, sobre el conocimiento y sobre la utilización de la ciencia como consecuencia de la necesidad de abordar sistemas complejos a partir de un determinado número, no tanto porque la realidad pase a ser más compleja, sino porque ya no es posible abordar jerárquicamente las mismas situaciones y porque se requiere optimizar las soluciones para satisfacer las exigencias ambientales y la presión demográfica.

Para lo cual se necesitan planteamientos más flexibles que no se limiten a establecer consideraciones sobre su congruencia interna sino que considere la Psicología del descubrimiento (Poincaré, 1908), la calidad ambiental, los recursos renovables, la diversidad específica, las externalidades económicas, la cultura y la forma de gobierno más o menos democrático en el cual subyace un proceso de prueba y error, extensible al mismo pensamiento matemático (Lakatos, 1976, 1978, 1978), enraizado en la combinatoria de Demócrito, en la interpretación evolutiva de Darwin y en las formulaciones de Prigogine sobre sistemas alejados del equilibrio, que ofrecen una base adecuada para la integración de concepciones biológicas, emocionales, culturales, científicas e intelectuales.

Por otro lado, podría atribuirse un soporte físico a esta concepción en base a la analogía que establece Edelman entre la interacción de las neuronas y las que se dan entre las especies que forman parte de una selva tropical. Que nos permite interpretar la predictibilidad del entendimiento como resultado de su capacidad para simular la realidad a caballo entre la simulación digital binaria y la simulación analógica del proceso de recombinación atomista- evolucionista que proporcionan las conexiones neuronales.

Aunque en el caso de sistemas simples tal simulación ofrecería una apariencia determinista como consecuencia de la corta combinatoria de sus elementos, a aumentar el número de elementos y las combinaciones posibles aumentaría exponencialmente el tiempo necesario para alcanzar las situaciones

más complejas, haciéndose más evidente el carácter estocástico del proceso evolutivo y sucesional. De forma que cuando por razones prácticas fuera necesario asumir un modelo simple para gestionar un sistema complejo, debería admitirse la existencia de varias verdades científica y de varios métodos científicos igualmente válidos, en contra de los postulados de la ciencia tradicional sobre la unicidad de la verdad y de la metodología científica.

Sin embargo, la naturaleza estocástica referida no quita para que pueda detectarse ciertas regularidades relativas al aumento progresivo del grado de complejidad y de la importancia de los mecanismos capaces de utilizar diferentes formas de información para la regulación de los sistemas, evidente en la seriación de los fósiles, en la sucesión ecológica y también en la sustitución de pequeños comercios por grandes superficies comerciales, que constituyen cambios interpretables en términos de la superioridad de los sistemas complejos para ocupar nichos que dejaban libres los sistemas simples (Cook, 1980; Lovelock, 1988, 1991). Sin embargo, para un determinado nivel de complejidad, las soluciones simples son más eficientes que las complejas, evidenciado a través de la supervivencia de organismos y de comercios pequeños gracias a su simplicidad (Melendez-Hevia & Montero, 1992; Melendez-Hevia, 1993).

Paralelamente al referido aumento de complejidad se detecta un incremento de los mecanismos de información para obtener recursos con más eficacia y utilizar los recursos de forma más eficiente, ralentizando los flujos energéticos y de bioelementos y sustituyendo las costosas interacciones directas (competencia) por interacciones indirectas (luchas rituales, fenómenos crípticos o aposemáticos, lenguaje) de menor coste energético que permiten un balance energético y de bioelementos más positivo, gracias a la utilización de la información. Aspecto éste que no se restringe a la predicción intelectual, sino que comprende diferentes fenómenos

adaptativos de naturaleza orgánica, instintiva, emocional o intelectual que, permiten mejorar la subsistencia de las poblaciones humanas gracias a la capacidad anticipativa del sentido del gusto, de la atracción sexual y de las preferencias sobre el paisaje. De forma que tales tipos de información deberían integrarse en un formulación científica formalizada como se integran en la actividad científica espontánea existente desde los primeros tiempos de la humanidad y que ilumina la actividad de personas sin especial formación metodológica.

### **Implicaciones prácticas del nuevo paradigma**

La primera consecuencia del nuevo paradigma es la necesidad de bajar la ciencia del pedestal idealista renunciando a la utopía de la verdad objetiva y a planteamientos axiomáticos que, en demasiadas ocasiones, han servido para justificar actuaciones totalitarias causantes de grandes sufrimientos, para asumir concepciones más abiertas que liberen a la ciencia del peso de defender en solitario la verdad y de constituir la última instancia en la toma de decisiones, propiciando la incorporación de fuentes de información de naturaleza artística, cultural, emocional o instintiva, a las cuales se había negado el carácter de científico, a través de la integración científica y de la participación pública.

Pero para que dicha ampliación no conduzca al colapso práctico, debería renunciarse a asumir esquemas deterministas en favor de planteamientos más flexibles que los axiomas deductivos de la Geometría de Euclides en la línea de las construcciones empíricas formuladas en torno a la Gestión empresarial, sin asumir más criterios que la necesidad de garantizar la diversidad en sus múltiples manifestaciones (genética, étnica, cultural, científica, paisajística y de opciones) aunque sin renunciar a los criterios de validación basados en la coherencia de las formulaciones, en las valoraciones probabilísticas y en la falsabilidad de los enunciados, que parecen estar incorporados en el subconsciente (Poincaré, 1908) con

anterioridad a cualquier reflexión metodológica y que han ido explicitándose sucesivamente. Pues si bien la inteligencia espontánea resulta suficiente en condiciones habituales, el hecho de haber variado las circunstancias como consecuencia del proceso de humanización de la Biosfera, resulta necesario aplicar criterios formalizados para gestionar las nuevas situaciones.

Tales planteamientos no han sido articulados académicamente, pero sí incorporados en diferentes esquemas de gestión, como es el caso de la NEPA, que encarna la aplicación del nuevo paradigma a la gestión ambiental, partiendo de un esquema inicial simple que no precisa demasiado cual debe ser la metodología más adecuada para evaluar los impactos ambientales, pero establece la figura del Consejo del Medio Ambiente con la finalidad de seleccionar y difundir las alternativas metodológicas más adecuadas, con lo que permite que el sistema evolucione por prueba y error hacia soluciones cada vez más eficientes.

Tal simplicidad que permite la apertura a los más recientes avances científicos, a las motivaciones psicológicas y a la diversidad cultural, así como proyectarse sobre diferentes niveles organizativos (proyectos, planes y políticas), resulta más eficiente que el establecer rígidas especificaciones técnicas cuya rigidez impide la incorporación de las soluciones más creativas conduciendo finalmente a resultados contrarios a la calidad que se pretendía garantizar (Canter, 1987).

Se trata de un esquema perfectamente aplicable a la gestión de recursos renovables como los recursos bioclimáticos integrando conceptos sobre dinámica de la atmósfera aportados por la Física del aire y la Meteorología con otros relativos a la perspectiva fisiológica y etológica de los organismos, a la cultura, a la psicología social, a la situación socioeconómica y al desarrollo científico. De forma que la concepción bioclimática no se restringe a los parámetros físicos (temperatura, precipitación, humedad, etc.) sino que se articula entorno a conceptos

integradores como los de sequía, ahorro energético, aridez y bienestar ambiental que dependen de la percepción, de la actitud de la población y de su desarrollo cultural y científico y, por tanto, son susceptibles de adecuación y gestión.

### Agradecimientos

Agradecemos a A. M. Sánchez Quintana, a J.V. Santacreu, a C. Mendaro y a E. Fernández-Galiano las sugerencias que han contribuido decisivamente a enriquecer el texto. Agradecimiento que hacemos extensivo a quienes tengan la amabilidad de criticar las ideas que se exponen, que por arriesgadas y amplias merecerían ser objeto de numerosas matizaciones.

### Bibliografía

- ACROFF, L.A. (1962). Scientific Method. Optimizing applied research decisions. Wile. New York.
- ALLENDE, J. (1990). La evaluación del Impacto Ambiental. Marco de referencia y aspectos relevante a debatir. Ciudad y Territorio, 83:1-18.
- ALLENDE, J. (1993). Mito y realidad en los estudios de impacto ambiental. Alfor, 93:68-71. Madrid
- APPLETON, J. (1993). Estética de la supervivencia. Ecosistemas, 6:16-21.
- BERNALDEZ, F.G. (1985). Introducción a la ecología humana. La adaptación afectiva al entorno. Tecnos. Madrid.
- CANTER, L. (1977). Environmental Impact Assessment. McGraw Hill. New York.
- CARSON R.L. (1960). Primavera silenciosa. Grijalbo. Barcelona. 1980.
- C.E.E. (1993). Hacia un desarrollo sostenible. Programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Bruselas.
- CEREIGIDO, M. (1978). Orden, equilibrio y desequilibrio. Una introducción a la Biología. Editorial Nueva Imagen. México.
- COOK, N.D. (1980). Stability and Flexibility an Analysis of Natural Systems. Pergamon Press. Oxford. 1980.
- DE NICOLAS, J.P. (1990). Ecología y gestión ecológica. Entre la estética y la subsistencia. En homenaje al Prof. Nácere Hayelt Calil, pp. 451-458. Universidad de La Laguna, La Laguna.
- DE NICOLAS, J.P. (1991). Evaluación de la Biodiversidad y conservación de la Naturaleza. En: PINEDA *et al.* (Eds.) Diversidad biológica. Fundación R. Areces. Madrid.
- DE NICOLAS, J.P., NIETO, E. CABRERA, P.G., FERNANDEZ-PALACIOS, J.M. & FERRER, F.J. (1991). Variación de la correlación entre la diversidad y el biovolumen sobre un gradiente altitudinal. En: PINEDA *et al.* (Eds.) Diversidad biológica. Fundación R. Areces. Madrid.

- FARRINGTON, B. (1969). Ciencia y filosofía en la antigüedad. Ariel. Barcelona. 1979.
- FUNTOWICZ, S.O. & RAVETZ, J.R. (1991). A new scientific methodology for global environmental issues. Ecological Economics: 137-152.
- GLEICK, J. (1988). Caos, la creación de una ciencia. Seix-Barral. Barcelona. 1988.
- KAPP, K.W. (1966). Los costes sociales de la empresa privada. Oikos Tau. Barcelona. 1966.
- KUNH, T.S. (1962). Estructura de las revoluciones científicas. Fondo de cultura Económica. México, 1975.
- LAKATOS, I. (1976). Pruebas y refutaciones. La lógica del descubrimiento matemático. Alianza Editorial. Madrid, 1986.
- LAKATOS, I. (1978). La metodología de los programas de investigación científica. Alianza Editorial. Madrid, 1989.
- LAKATOS, I. (1978). Matemáticas, ciencia y epistemología. Alianza. Madrid, 1987.
- LEE, N. & WALSH, F. (1992). Strategic environmental assessment: an overview. Project Appraisal 7:126-136.
- LOVELOCK, J. (1988). Las edades de GAIA. Tusquet. Barcelona. 1993.
- LOVELOCK, J. (1991). GAIA. Una ciencia para curar el planeta. Integral. Barcelona. 1992.
- MARTIN MATEOS, R. (1991, 1992). Tratado de derecho ambiental Tomos I y II. Editorial Trivium. Madrid.
- MARTINEZ ALIER, J. (1991). La Economía y la Ecología. Fondo de Cultura Económica. México.
- MELENDEZ-HEVIA, E. & MONTERO, F. (1992). Evolución de las rutas metabólicas hacia la simplicidad. El juego del ciclo de las pentosas-fosfato. Rev. Real Acad. de Ciencias Exactas LXXXVI:369-388.
- MELENDEZ-HEVIA, E. (1993). La Evolución del Metabolismo: hacia la simplicidad. Eudema Biología. Madrid.
- NAREDO, J.M. (1987). La economía en evolución. Siglo XXI. Madrid.
- POINCARÉ, H. (1908). La invención matemática. En: Matemáticas en el mundo moderno, pp:14-18. Blume. Madrid, 1974.
- POPPER, K.R. (1961). La miseria del historicismo. Alianza. Madrid, 1992.
- POPPER, K.R. (1972). Conjeturas y refutaciones. Paidós. Barcelona, 1983.
- POPPER, K.R. (1982). Sociedad abierta, mundo abierto. Conversaciones con Franz Keuzer. Tecnos. Madrid, 1988.
- RICKLEFS, R.E. (1993). The economy of Nature. Fregman.
- SEANLANDS, G.E. & DUINKER, P.M. (1983). An Ecological Framework for Environmental Impact Assessment in Canada. Federal Environmental Assessment Review Office. Halifax.
- SHIVA, V. (1993). Abrazar la vida. Entrevista de J.Pigen. Integral, 163:32-36.
- STING, P.D. (1993). Introductory Ecology.

- SUAREZ, F. (1991). La evaluación del impacto ambiental: Algunos problemas de su aplicación en España. En: Jornadas sobre Hombre y Medio Ambiente. Ayuntamiento de Alcobendas. Madrid.
- SUAREZ, F. & PECO, B. (1992). Naturaleza en la España de 1992. En: DAMBORENEA *et al* (Ed.) Desarrollo y destrucción. CYAN. Proyectos y Producciones Editoriales. Madrid.
- SUTCLIFFE, B. (1992). Desarrollo, redistribución y medio ambiente. En: WWAA (Ed.) Pobreza, desarrollo y medio ambiente, Deriva. Madrid.
- TAPIES, A. (1993). Entrevista de A. Lamazares. Rondalberia, Sep.:32-44.
- VIDAL J. (1992). Evaluación del impacto ambiental en Canarias. Insuficiencias de una legislación. Disenso, 1:24-25.
- WHYTE, L.L., WILSON, A.G. & WILSON, D. (eds.) (1973). Las estructuras jerárquicas. Alianza. Madrid.