



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

DIVISION DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA

POSGRADO EN CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS

16

***E**volución y sociedad*

Termodinámica de la supervivencia para una sociedad a escala humana

Leonardo Tyrtonia

Tesis de doctorado en Ciencias Antropológicas

Director: Dr. Richard Newbold Adams

Asesores: Dr. Roberto Varela Velázquez

Dr. José de Jesús Álvarez Ramírez



México, D. F.

Octubre de 2005

Agradecimientos

Agradezco al Departamento de Antropología de la UAM - Iztapalapa, a mis colegas profesores y compañeros estudiantes, el apoyo que me dieron para realizar este trabajo. De manera especial agradezco al Dr. Richard M. Adams la paciencia que tuvo al leer y comentar los borradores. Su monumental obra teórica es para mí una puerta de entrada a la antropología y al laberinto de la termodinámica, disciplinas que nos ayudan a explorar el mundo. El hecho de que yo no sea capaz de salir de ese laberinto no es responsabilidad de quienes me introdujeron en él. Mucho debo a las discusiones que sigo sosteniendo con mi maestro Roberto Varela, quien físicamente ya no está con nosotros, controversias sobre cuestiones filosóficas de imposible solución desde el "conocimiento discursivo". A José de Jesús Álvarez le agradezco sus clases de física en los pasillos de la universidad, que atizaron mi entusiasmo por el pensamiento racional científico y por el estudio de la transmisión del calor.

A mi compañera y esposa Gloria Elena Bernal Inguanzo tengo que agradecer la reciprocidad en el intercambio de ideas y las extensas correcciones, que no terminan nunca. Esta tesis le debe mucho a su trabajo invisible, que no tengo cómo agradecer.

A las personas que conocí y aprendí a querer en La Sierra, mis compas Gómez, Cruz, Santiago, Chávez, Zavala, Bautista, Carrasco, Sánchez, Ruiz, Pérez, Felipe, García, Jiménez, Jacinto, Jerónimo, Sebastián, Miguel, Mendoza, Méndez y Gutiérrez (son todos, según mi censo) quiero agradecerles su hospitalidad y su laguetza. Les quiero decir que ya no me dan miedo. Al P. Pablo Merne svd, misionero católico que llegó a La Sierra desde Irlanda, agradezco la puerta siempre abierta que tiene para los antropólogos y toda clase de zapatistas y, en particular, su compañía y amistad. Me he admirado de los proyectos de desarrollo que implementó, de las regularizaciones de tierras que promovió, pero su falta de fe en el demonio me causa desconcierto. A Marcos, Natividad, sus hijas e hijos, especialmente Elizabeth, les agradezco la mucha ayuda y el apoyo que me ofrecieron en los trabajos. A don Fidel, su protección. A Elías, su solidaridad. A don Maximiliano, de quien olvidé su verdadero nombre, su interés en mi trabajo.

A la Jefa del Departamento del Departamento de Antropología de la UAM-I, La Dra. Ana Paula de Teresa, quiero agradecer el tiempo que encontró para organizar el Cuerpo Académico de "La Cuenca del Papaloapan", en el que reunió a un grupo de estudiosos de la problemática social de la región. El ambiente intelectual que ha creado y el entusiasmo de todos me ayudaron a terminar el presente trabajo, que de otra manera pudo haber quedado inconcluso. Al Dr. Mauricio Sánchez y el grupo de estudio que organizó en el Ciesas les agradezco haberme ayudado a salir de mi ostracismo intelectual. A la Asistente del Posgrado, la señora Socorro Flores, quien me obligó a última hora a cambiar el título del trabajo ("porque no puede quedar siempre el mismo"), agradezco su dedicación a la causa común y el cariño que nos tiene a todos a pesar de todo.

Leonardo Tyrtanía

Índice

	Introducción	3
1	¿Evolución de qué?	11
	1.1 Fallas de origen	11
	1.2 Algoritmo <i>versus</i> telos	18
	1.3 El paradigma expandido	33
	1.4 La evolución es una sola	35
	1.5 El ambiente benigno	40
	1.6 Cultura y evolución	43
	1.7 Conclusiones preliminares	44
2	¿Qué es la energía?	47
3	La termodinámica de procesos irreversibles	55
	3.1 La ley de entropía a efectos de compensación	55
	3.2 La evolución y el régimen de no equilibrio	56
	3.3 La hipótesis y sus implicaciones	59
4	La selección termodinámica	63
	4.1 La función reguladora de la selección	63
	4.2 Evolución de sistemas jerárquicos	64
	4.3 Los sistemas complejos	82
5	La eficiencia entrópica	93
	5.1 La eficiencia y sus adjetivos	93
	5.2 Crecimiento <i>versus</i> desarrollo	104
	5.3 El embrollo de la sustentabilidad	106
	5.4 La eficacia simbólica	108
	5.5 Evolución es un concepto contradictorio	114
6	El modelo	117
	6.0 Resumen de ideas teóricas relevantes para el modelo	117
	6.1 Definición de la estructura	120
	6.2 Estructuras de regulación	126
	6.3 Las hipótesis de trabajo y los objetivos de la investigación	131

7	El estudio de caso	143
7.1	Delimitación del área	143
7.2	La estructura espacial del agroecosistema	162
7.3	El ritual del trabajo	170
7.4	El intercambio en el "sistema solar" de mercado	179
7.5	La dinámica poblacional	197
7.6	El sistema político	201
7.7	Recapitulación: autonomía y sustentabilidad	222
8	Conclusiones	230
	Glosario	247
	Bibliografía	295

Índice de mapas, tablas y figuras

Mapa 1:	La República Mexicana, el Estado de Oaxaca y el Rincón	133
Mapa 2:	Límites orográficos	135
Mapa 3:	El ecotono	137
Mapa 4:	Cuenca del río Juquila Cajonos y sus áreas lingüísticas	139
Mapa 5:	Sierra Zapoteca del Rincón y el Rincón Bajo	141
Mapa 6a:	Los caminos del Rincón. El antiguo Camino Real	222a
Mapa 6b:	Los caminos del Rincón. Caminos de autotransporte	222b
Mapa 7:	El Rincón. Áreas cubiertas de vegetación natural y milpas	222c
Tabla 1:	La población del Rincón	197
Figura 1:	Estados estacionarios a elegir	77b
Figura 2:	El ecotono	160b
Figura 3:	Flujo de la población del Rincón	197b

Introducción

Intentar apropiarse de los conceptos de la termodinámica para utilizarlos, aún con cautela, con fines para los que no fueron creados, es -sin duda- una osadía. Sobre todo en el caso de un lego como yo. Me asiste, sin embargo, una buena razón. Los principios de la termodinámica conciernen al fundamento físico de la vida, también de la vida social. Con el término de “fundamento físico de la vida” me refiero a la dinámica de los flujos energéticos, que subyace a los procesos vitales. La tesis de mi trabajo es ésta: la explicación de los fenómenos sociales o, más modestamente, la construcción de modelos de investigación de estos fenómenos, no puede prescindir de la lógica que se impone a partir de la segunda ley de la termodinámica, según la cual las pérdidas a manos de la entropía, las que acompañan toda transformación energética, son irrevocables. Sólo se perpetúan los sistemas capaces de contrarrestar la “producción” de entropía. Las sociedades humanas, como todos los demás fenómenos macrofísicos, existen en virtud del proceso de disipación de energía y están sometidas a la segunda ley, la ley de la evolución. Comúnmente se cree, sin embargo, que las leyes de la termodinámica no incumben a la vida social, sino al resto de la naturaleza.

Desde que se formularon durante la primera mitad del siglo XIX, las leyes de la termodinámica han tenido fuertes repercusiones en las distintas disciplinas y saberes de la academia. Cuando se divulgaron conceptos tales como los de energía, entropía, caos y orden, adquirieron un “exceso de significado” (Hayles 1993); esto es, su aparición se rodeó de un aura de significados nuevos, y pasaron a formar parte de una “ecología de ideas” inédita, para decirlo en palabras de Gregory Bateson (1991). El exceso de significado se refiere a la inevitable interpretación de las ideas científicas de acuerdo con las convicciones íntimas de cada usuario o en función de las necesidades del momento. Esto suele dar por resultado un manejo relajado de nociones originalmente precisas y un uso de analogías cargadas de “exceso de causalidad”, cuya vaguedad repugna a los especialistas.

El uso de los conceptos de la termodinámica con fines ajenos a esta ciencia puede justificarse en la medida en la que pone de manifiesto las tremendas carencias de nuestra moderna visión del mundo. Se cree mucho en los milagros, especialmente en los económicos. Se cree que el crecimiento económico mejora la vida en la Tierra. Se cree que el poder de la tecnología es ilimitado. Suele pensarse que la humanidad flota en un mar de energía no aprovechada. Los más realistas proponen el “estado estable” y el “desarrollo sostenible” como salvación. No pocos piensan que las cosas pueden moverse sin gasto energético alguno. Comúnmente se cree que la energía es renovable. Se cree que las sociedades humanas utilizan los recursos de manera cada vez más eficiente. Es grande la fe en la “conquista de la naturaleza”. La humanidad se cree inmortal. La autodenominada especie *Homo sapiens sapiens* se concibe a sí misma como la cúspide de la evolución y como la dueña de la biosfera.

Ninguna de estas creencias, sin embargo, puede sostenerse de cara a la segunda ley. Incluso un análisis simple, no cuantitativo, como el que pretendo desarrollar aquí, de los aspectos energéticos de las actividades humanas, puede despejar las dudas al respecto. En el fondo de los problemas ecológicos y sociales está el “apuro entrópico”, al que están sometidas las sociedades humanas: *todo proceso energético consume una cantidad mayor de entropía baja de la que está contenida en sus productos* (Georgescu-Roegen 1975: 791). Esto resulta en un déficit energético permanente, que sólo puede remediarse aumentando más y más la disipación. Aunque parezca engorroso, la dinámica evolutiva debe expresarse en los términos compatibles con la lógica elemental de la termodinámica. Desde esta perspectiva evolucionan los sistemas que obtienen más energía neta con menos gasto de su propia energía libre, y no aquellos que más energía consumen, como podría presumirse.

La particularidad de la termodinámica consiste en describir los sistemas de manera exhaustiva sin que importe la “materia prima” de la que están hechos dichos sistemas. Las poderosas generalizaciones de la termodinámica se refieren a todos los procesos naturales, incluidos los sociales. La termodinámica proporciona a toda ciencia empírica, la antropología incluida, un conjunto de principios a modo de una “gramática universal”, la cual caracteriza las gramáticas posibles y organiza las gramáticas particulares. Esta última es una idea de los lingüistas, de la que me sirvo aquí para ilustrar cómo la “estructura profunda” de un paradigma, el de la *termodinámica de sistemas abiertos*, puede proveer un soporte lógico para la investigación en las ciencias sociales. Es cierto que las concepciones de la física son cada vez más difíciles de comprender, a causa de lo cual “el universo se ha vuelto fantástico a nuestra mente” (Eddington 1996: 225). Aún así, la termodinámica, siendo un conocimiento teórico profundamente abstracto, tiene que ver con nuestra experiencia cotidiana más trivial, la de la supervivencia.

El objetivo del presente trabajo es explorar los conceptos de la *energética* de Richard N. Adams para aplicarlos a un caso particular de sistema disipativo social, a una sociedad de “baja energía”, a fin de observar su desempeño en el contexto de la sociedad envolvente de “alta energía”. La energética, esto es, *el estudio antropológico de la sociedad en tanto flujo energético* (Adams [1975] 1983), es un marco teórico evolucionista. En la actualidad, el paradigma de la evolución está presente en toda la ciencia. La antropología nació bajo sus auspicios y las escuelas que se desarrollaron posteriormente se definieron en relación con él, incluso cuando lo habían descartado. Angel Palerm (1968) argumentaba que la antropología es, sin más, el estudio de la evolución de la sociedad humana. Hoy todos somos darwinistas, afirma Adam Kuper (1996: 13).

La antropología contemporánea, sin embargo, al construir sus modelos de investigación no parece interesarse precisamente en la evolución. Los primeros antropólogos eran evolucionistas y, al igual que sus sucesores, los “neo” evolucionistas del siglo XX, trabajaron con un concepto de evolución exclusivo de su disciplina, buscando las leyes de la evolución social por cuenta propia. Hasta ahora no se ha encontrado ninguna. El problema consiste en que desde la perspectiva de la ciencia social sola no es posible percibir la dinámica elemental de los procesos evolutivos, que es la de los flujos energéticos (Adams 2001: 139). Por otra parte, está muy difundida la idea, incluso entre los hombres de ciencia, de que la evolución social es un proceso que va a contracorriente de los procesos naturales. Por alguna razón, se cree que la evolución social es lamarckiana, no darwiniana.

El punto de partida del pensamiento evolucionista posdarwiniano es que los procesos naturales son procesos entrópicos. Hacer a un lado la segunda ley lleva a la contemplación de un mundo irreal, concebido como un *perpetuum mobile*, que se desenvuelve sin roces, sin pérdidas y sin permutaciones. Un mundo tal sería un paraíso, donde todo vendría regalado y donde el consumo de energía no tendría consecuencias. Los seres humanos nos hemos conducido siempre como invitados a un “banquete gratuito” (Hawking 1996: 167); sin embargo, nada hay gratis en la vida, como no se cansan de decir los economistas. La termodinámica vino a darles la razón: incluso la transformación de recursos “renovables” tiene un costo energético. La segunda ley define la naturaleza apremiante de los recursos y advierte sobre los efectos indeseables de las actividades productivas, efectos que complican la supervivencia, especialmente la de una sociedad ideada a escala humana. La cantidad de energía procesada por medios no humanos, que emplean las sociedades modernas de “alta energía”, crece exponencialmente, y parecería que la dirección del desarrollo la imponen ahora las máquinas. La dependencia de las sociedades industrializadas de los combustibles fósiles es una especie de adicción, con todos los riesgos que esto entraña para la permanencia de las sociedades humanas en la biosfera (Bolaños 1995).

Las consecuencias de la segunda ley parecen contradictorias y tal vez lo sean de veras. La disipación de la energía es un movimiento caótico (que surge del caos y contribuye al caos) que, sin embargo, es simultáneamente el agente de toda organización. El mundo de las formas energéticas lejos de equilibrio, que es nuestro mundo, se desahoga en un sinfín de procesos disipativos particulares. Pero sólo en un mundo así de intenso es posible la autoorganización: simples o complejas, las formas energéticas buscan el equilibrio termodinámico y en tal trance unas afectan a otras, y se traban –por decirlo así– en esta danza llamada evolución. El movimiento hacia el equilibrio termodinámico está relacionado con las leyes fundamentales de la naturaleza, pero los retardos, perturbaciones y resonancias disponen un ambiente de no equilibrio en el que es posible la creatividad. Estos movimientos parecen desafiar el espíritu de la segunda ley, porque la letra no pueden. La ley exige a la letra que en toda transformación energética haya pérdida definitiva. La autoorganización puede contrarrestar local y temporalmente esta pérdida, y mantener sus productos al flote en medio del océano de caos: Cuando se logra esto, hablamos de evolución, de la octava jornada de la creación.

Las leyes de la termodinámica encierran esta paradoja: si la cantidad de energía en el mundo es constante y la entropía tiene que crecer, entonces ¿de dónde surge

tanto orden? La hipótesis es que gracias a los efectos acumulativos de la selección natural es posible la autopoiesis. Así surgen los sistemas dinámicos adaptativos, sistemas que pueden sostenerse a contracorriente del desgaste entrópico, pero sólo al costo de disipar más energía. La evolución, un proceso pautado de expansión energética, se debe entonces a la disipación y, simultáneamente, a la selección. La vida como un experimento en marcha no es sólo producto de ciegas fuerzas físicas, sino también de la elección: "Todos los seres autopoieticos tenemos dos vidas, la vida que nos es dada y la que hacemos nosotros" (Margulis y Sagan 1996: 182).

¿Obedecen entonces los fenómenos sociales las leyes de la física? La pregunta podría responderse a satisfacción si los físicos se pusieran de acuerdo sobre qué es lo que entienden por "ley natural". Como ejemplos paradigmáticos de leyes físicas suelen citarse las fórmulas newtonianas, que rigen el universo como si éste fuera un mecanismo de relojería. Según este pensamiento, habría ciertas "fuerzas" que actúan instantáneamente y que no están sometidas al desgaste. Los hechos serían resultado de interacciones mecánicas reversibles, perfectamente ordenadas. El tiempo y el cambio serían una mera ilusión. El cambio se reduciría a la locomoción, la cual puede describirse con fórmulas matemáticas lineales. El determinismo sería la única explicación aceptable. En un mundo en el que impera la ley de acción y reacción todo está escrito.

En tal esquema, sin embargo, es imposible incluir los fenómenos que son resultado de la historia, de acontecimientos únicos, de cambios cualitativos, de accidentes irrepetibles, en fin, de esta combinación de "azar y necesidad" que es la naturaleza. De ahí que la respuesta a la pregunta suele ser ambigua. Indiscutiblemente, la sociedad obedece leyes naturales, pero la sociedad como tal no es producto de leyes físicas, al menos no de las que se conocen hasta ahora. Lo que sucede, sin embargo, es que estamos proyectando sobre la naturaleza la idea de "ley", una idea que sobrevive al positivismo decimonónico. En física, desde hace tiempo, se produjeron cambios que despojaron la visión mecanicista de su halo de autosuficiencia. Fue precisamente la termodinámica la que inició la crisis al dejar en claro que el desgaste entrópico relacionado con toda transformación energética de ningún modo puede revertirse, sólo puede compensarse temporal y localmente. Con más disipación, desde luego.

Resulta que las leyes de la termodinámica no son "leyes" en el mismo sentido que las newtonianas. La diferencia entre unas y otras reside en que la segunda ley deja todo en la "indeterminación entrópica" (Georgescu-Roegen 1975). Causa perplejidad una "ley" que deja sin determinar ninguna trayectoria en especial.

Según la fórmula de Boltzmann la segunda ley predice probabilidades. El futuro, entonces, no está escrito. Las leyes de la termodinámica tan sólo imponen su razón de fondo, pero esto sí, de modo contundente: los fenómenos macrofísicos se deben a la producción de entropía. Es así como surge la *termodinámica de procesos irreversibles* (Prigogine 1983), a partir de la cual se construye un nuevo paradigma, el de "orden a partir del caos". La visión mecanicista, la de una realidad perfectamente ordenada, es sustituida por la incertidumbre de un mundo que se va haciendo; un mundo a todas luces imperfecto, cuyo orden emerge como una suerte de subproducto de la disipación que el mismo provoca.

¿Qué quiere decir que la evolución se debe a la "producción de entropía"? Que sólo es posible sobrevivir en un mundo cuya entropía aumenta. La evolución es una lucha constante contra el desorden, si bien los éxitos nunca son definitivos. *Evolución* es un proceso de conducción del calor a través de estructuras inclusivas autorreplicantes, del cual resultan "cambios cualitativos debidos al influjo unidireccional de la segunda ley y a la interconexión de los procesos físicos, biológicos, económicos y sociales" (Georgescu-Roegen 1975). Para abordar esta interconexión resulta útil el enfoque sistémico, con sus conceptos de realimentación y regulación, elaborados para ofrecer una explicación más allá de las causas próximas, una explicación basada en las causas de la selección.

A la discusión de estas ideas dedico la primera parte del presente trabajo. En la segunda parte intento construir un modelo de investigación, y en la tercera presento los datos del estudio de caso recabados para este modelo. Una *explicación* se consigue a través de varios pasos: inventando hipótesis, construyendo modelos, comprobando hechos y revisando resultados. Obtenemos explicación en el proceso de adecuación de las teorías a la realidad.

El presupuesto teórico principal de mi trabajo es que la evolución es una sola, en el sentido en que todo proceso natural puede interpretarse como un flujo de energía, materiales e información. *Evolución* debe ser un concepto aplicable a todos los procesos de intercambio independientemente de la escala del tiempo o del ámbito en que examinemos los hechos. Los procesos evolutivos son aquellos que integran cada vez más energía a sus ciclos acumulando para eso la información. Esto sucede en todos los niveles. No hay que pensar en la evolución prebiótica, la orgánica y la social como si fueran procesos aislados, autosuficientes. Ramón Margalef (1980) califica las relaciones entre la evolución de la materia, de la vida y de la inteligencia como "relaciones sinópticas": la evolución comparte los mismos principios formales, aunque proceda con materiales distintos. Pero si se quiere ser consecuente con el monismo, base de

toda ciencia empírica, debería decirse que, en realidad, la evolución procede siempre por los mismos medios y con los mismos materiales. Lo que hace la diferencia entre los distintos procesos evolutivos son los niveles de complejidad o *tipos lógicos* de los que se trate (Bateson 1979). En este sentido, Richard N. Adams aboga por una “extensión estructural” de un mismo *mapa mental*, el de la evolución, hacia los hechos sociales. La evolución es un mapeo mental de una realidad en constante transformación.

Esta extensión impone también una ampliación de la agenda de investigación hacia los muchos problemas pendientes. La misma termodinámica de procesos irreversibles sigue siendo una tarea inconclusa de la física. En las ciencias sociales prevalece la opinión de que el recurso a la termodinámica es prematuro, que sólo produce “analogías burdas” y “generalizaciones precipitadas” (Naredo y Parra 1993). Aun si fuera así, prescindir de la termodinámica significaría eliminar la única base lógica disponible para la ciencia empírica, la de *la estructura termodinámicamente fluida*, que es imprescindible en la construcción de modelos explicativos de sistemas complejos, incluidos los sociales. Me pregunto si existe alguna oferta teórica mejor.

Por otra parte, no sería correcto pensar que las leyes de la termodinámica explican todo por sí solas, o que la energía es el único referente de todo lo que existe. Por alguna razón importante, ningún concepto agota la totalidad de los hechos. En cuanto al discurso científico, la única clase posible de teoría es una teoría parcial de aspectos limitados de nuestro mundo. Es más, ninguna teoría por sí sola es suficiente para explicar un solo acontecimiento. A su vez, hay facetas de la realidad que no admiten métodos de indagación científica. La poesía, el arte, la filosofía y la religión siguen siendo necesarias, aun cuando nadie sepa para qué.

Por lo que a la evolución social se refiere, los códigos que intervienen en ella son múltiples y diversos. En la evolución orgánica la selección opera sobre la variación genética y sus circunstancias (fenotipo, población, especie); en el caso de la evolución social, la autoorganización opera sobre una gran diversidad de *vehículos sociales de supervivencia* y sus circunstancias (medios, fines, relaciones), cuya multiplicidad suministra la materia prima de la selección. Las sociedades están compuestas por muchos sistemas disipativos de distinta naturaleza. De ahí que en el caso de la evolución social hay necesidad de trazar varias topografías: el parentesco, la economía, la política, la religión, el sentido común no son sino mapas mentales de una realidad compleja en expansión. Las así llamadas genéricamente “humanidades” (*free floating trigger mechanism*, según Adams), son los *loci* en los que está depositada la información que pueda manipular la mente humana para ensamblar nuevas variedades de formas energéticas como unidades operativas y

vehículos de supervivencia. Una interacción tan compleja como la que se da entre la sociedad y su entorno, entre las sociedades mismas y entre las sociedades de sociedades, no se puede lograr siguiendo un sólo código.

En la sección etnográfica del presente estudio describiré uno de estos “vehículos” de supervivencia: la comunidad campesina, su entorno ecológico y social, y su lucha contra la marea de la globalización. Con esto pretendo demostrar la pertinencia del estudio de la sociedad “en clave energética” para la antropología y la utilidad que tiene el enfoque energético para la descripción etnográfica. La mayor parte del presente trabajo está dedicada a despejar los problemas teóricos, los relacionados con el concepto de evolución y sociedad. En la medida en que me fue posible entender el enfoque de la termodinámica de sistemas abiertos (un esfuerzo que me exigió varios años de reflexión) iba reinterpretando los materiales del trabajo de campo que obtuve con anterioridad.¹ En las conclusiones presento los resultados y también los fracasos de mi investigación.

Agrego al presente trabajo un Glosario que podrá consultarse en caso de duda sobre el sentido de los conceptos. (Los términos del Glosario aparecen en el texto en cursiva, cuando se introducen por primera vez.) Encuentro útil el Glosario por dos razones. Muchos de los conceptos que utilizo provienen de saberes distintos a la antropología. En segundo lugar, el Glosario en sí representa *una complejidad autoorganizada en marcha*. Ocurre que las ideas y los conceptos, como cualquier otro tipo de forma energética, están sometidos a un proceso de variación y selección. Las ideas y las definiciones se conforman o se rechazan entre sí en el marco de un proceso entrópico de destrucción y construcción, que es un proceso de selección, un proceso de naturaleza estocástica.

Iztapalapa DF, septiembre de 2004

¹ En el año de 1983 realicé durante nueve meses un trabajo de campo en el poblado de Santa Cruz Yagavila, municipio de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Los resultados de esta investigación los presenté en un libro titulado *Yagavila* (Tyrtania 1992). En el mismo el lector interesado puede encontrar la descripción general de la región y del sistema de agroforestería que practica la comunidad. Posteriormente he realizado varias visitas a la región, mas un trabajo de campo en 1996, de dos trimestres de duración, mientras asesoraba la práctica etnográfica de un grupo de alumnos de la licenciatura del Departamento de Antropología de la UAM-Iztapalapa. Agradezco al departamento todo el apoyo que me ha brindado. Mi intención fue conocer mejor las demás comunidades de la comarca y dar así un giro de un estudio de la comunidad hacia el estudio de la región como unidad ecológica, histórica y étnica.

1 ¿Evolución de qué?

La evolución es el proceso de expansión/contracción energética en el que participan los sistemas termodinámicamente no aislados con capacidad de reproducirse, esto es, los sistemas de intercambio de energía-materiales-e-información que tienen propiedades autocatalíticas. El mecanismo al que obedece la evolución es el de variación, selección y retención, formulado por primera vez en el lenguaje de las ciencias naturales por Darwin. Debe ser posible describir dicho mecanismo en términos compatibles con la termodinámica. Es éste un rodeo epistemológico necesario para aplicar las ideas evolucionistas en las ciencias sociales. *Cultura* es el nombre de un nuevo género de complejidad, que proporciona el “ambiente benigno”, necesario para un tipo particular de sistemas disipativos, los sociales.

1.1 Fallas de origen

Nicolás Copérnico se sorprendería, sin duda, si supiera que su obra póstuma *De revolutionibus orbium coelestium* resultó ser una obra revolucionaria. Podría discutirse hasta qué punto Copérnico estaba consciente de haber atentado contra la cosmovisión de su época (Boorstin 1988: 295), pero seguramente no pudo haber pensado que su obra fuera una revolución, sino todo lo contrario. En su tiempo, el término “revolución” se usaba para describir el movimiento cíclico y repetitivo de las esferas celestes, en cuya existencia Copérnico creía firmemente. *De revolutionibus*, el título abreviado de la obra, estuvo en boca de tanta gente que, a fuerza de repetición, produjo *a posteriori* un nuevo significado del término, contrario al original: “revolución” pasó a denotar un cambio repentino, radical y de grandes alcances. La novedad del enfoque copernicano consistió en poner la Tierra en movimiento.

Algo similar sucedió con el concepto de evolución. En el siglo XIX este término adquirió un nuevo e inesperado contenido. En sentido etimológico “evolucionar”, del latín *evolvere*, significa “desplegar” (un mapa), “desenvolver” (un paquete) o “desenrollar” (un libro, por ejemplo). Se trata de una acción que no implica la aparición de novedad ni cambio sustancial alguno. Desde el siglo XVIII la palabra se introdujo en la embriología (Bonnet 1762, citado en Gould 1980: 35, 203) como un concepto descriptivo de la teoría de la preformación: el embrión humano contenía el homúnculo, el cual “evolucionaba” (se desplegaba) durante la gestación. Charles Darwin utilizó la palabra “evolución” en este mismo sentido de “desenvolvimiento”, y la empleó una sola vez en toda su obra ([1859] 1980: 403). El término que Darwin eligió para su propia teoría fue el de “teoría de la descendencia con modificación” o también el de “teoría del origen de las especies modificadas mediante la selección

natural" ([1859] 1980: 18 y 399).

Fue Herbert Spencer (1820-1903) quien introdujo el concepto de *evolución* en la ciencia con un significado nuevo, distinto al original.¹ Según Spencer, la evolución es un proceso de dimensiones cósmicas, sinónimo del progreso universal, que abarca las realidades física, orgánica, psicológica y social. La palabra "evolución" era preferible a la de "progreso" porque -según el propio autor- esta última tenía un carácter antropomórfico. Y, efectivamente, lo tiene; mas el cambio de término no remedió el problema. La tesis del progreso permaneció ligada al concepto de evolución en todo el pensamiento moderno. Spencer fue el pensador inglés más popular de su época, el único de los filósofos ingleses del siglo XIX que desarrolló una cosmología científica completa. La filosofía de Spencer proporcionó una formulación racional a la idea del destino, una idea que el Estado valora mucho. Darwin, por su parte, se mantuvo siempre dentro de los límites de las ciencias naturales y en ningún momento pretendió que su tesis tuviera alcance universal. ¿Por qué, entonces, es a Darwin a quien se considera como el padre del evolucionismo? ¿Qué mérito le faltó a Spencer?

Spencer hizo un primer intento de formular una ley evolutiva de alcance general cuando afirmó: *la evolución es la integración de la materia y la concomitante disipación de la potencia*.² La integración de la materia significaba para él "el cambio de lo relativamente homogéneo e incoherente a lo relativamente heterogéneo y coherente". Y como causa primaria del proceso evolutivo, Spencer postulaba la "inestabilidad de lo homogéneo".

Si bien la formulación de la "ley de evolución" de Spencer dista mucho de ser precisa, es su intuición la que debe rescatarse. Spencer fue el primero en concebir la evolución como un proceso relacionado con la disipación de la energía. La "integración de la materia", el aumento en la complejidad, se da a expensas de la "disipación de la potencia", esto es, al costo de producción de la entropía. Según Lewin (1995: 175) aquí tenemos un antecedente de la ciencia de la complejidad. La "inestabilidad de lo homogéneo" es una posible definición del caos. El postulado spenceriano de que lo heterogéneo surge espontáneamente de lo homogéneo equivale a la tesis del "orden a partir del caos", que es la idea seminal de la teoría de sistemas complejos. La "inestabilidad de lo homogéneo", piedra angular del sistema filosófico spenceriano, es

¹ Lo hizo por primera vez en un artículo titulado "La hipótesis del desarrollo", publicado en 1852. A mediados del siglo XIX el pensamiento evolucionista se encontraba muy difundido. Los lingüistas, naturalistas y filósofos pensaban ya en esos términos (véase Toulmin 1977), pero fue Spencer quien sintetizó esas ideas.

² *Evolution is integration of matter and concomitant dissipation of motion* (Spencer: *First Principles*, 1862). *Motion* puede traducirse como "movimiento", "impulso", "potencia".

una idea ampliamente aceptada hoy día en la ciencia.³

Pero más allá de unos cuantos enunciados intuitivos, en vano buscaríamos el desarrollo de estas ideas en los escritos de Spencer. Con la terminología que emplea, nuestro autor alude a las leyes de la termodinámica, pero no las maneja de manera explícita en su esquema. ¿Cuál podría ser la razón? La segunda ley ya había sido formulada en su tiempo y Spencer, como ingeniero de profesión que era, seguramente tuvo conocimiento de ella, sugiere Tim Ingold (1991). Desde el principio, la segunda ley parecía un asunto puramente ingenieril.⁴ La forma en la que fue enunciada no tenía nada que ver con algún asunto de la ciencia natural. Aún más, todas las formulaciones de la segunda ley parecían contradecir la evolución. La “muerte térmica” del cosmos, idea que predicaba el físico alemán von Helmholtz (1857), se apoderó de la imaginación de la gente de la época. La afirmación de Clausius de que “la entropía del mundo tiende a su valor máximo” (1865) parecía resumir todas las posibles consecuencias de las leyes de la termodinámica. Finalmente, cuando Eddington introdujo en 1927 el sugerente concepto de la “flecha del tiempo”, que indica la dirección única “hacia abajo” de los procesos cósmicos, la evolución se empezó a ver como una excepción dentro de la naturaleza, como un proceso que va “en sentido contrario” a la tendencia cósmica. Estas conclusiones, deprimentes y algo precipitadas,⁵ contribuyeron a propagar la opinión de que las leyes de la termodinámica nada tienen que ver con los fenómenos de la vida que estudian las ciencias naturales y sociales.

Un hecho contundente parecía reforzar esta manera de pensar. La única prueba formal del funcionamiento de la segunda ley con la que contaba la física estaba relacionada con el modelo de gas ideal. Esto es, la prueba sólo funciona para el caso de sistema aislado, mientras que los seres vivos son sistemas abiertos. Para que la segunda ley -la “ley de la entropía”- pudiera ser reconocida como una ley fundamental de la

³ La inestabilidad, una característica extensiva del universo, se debe al azar, un componente admitido en la mecánica cuántica, la genética mendeliana, la teoría del caos, la dinámica de poblaciones y muchas teorías más.

⁴ En el siglo XIX la estructura de la sociedad industrial fue afectada por máquinas. “Los avances en ingeniería fueron acompañados por avances en la ciencia teórica, la termodinámica y el electromagnetismo. A veces las aplicaciones prácticas fueron primero: el motor de vapor precedió a una teoría adecuada de la termodinámica. A veces fue al revés: el descubrimiento por parte de Michael Faraday de la relación entre la electricidad y el magnetismo fue el fundamento de la industria eléctrica” (Maynard Smith y Szathmáry 2001: 25).

⁵ En la cosmología prevalece la opinión de que no existen suficientes datos para pronunciarse sobre el destino final del universo. El astrofísico Freeman Dyson señala que, a pesar de sus 15 mil millones de años de expansión, el universo contiene muchos lugares que están lejos del equilibrio termodinámico. También existe la posibilidad de que el universo que nos es dado conocer sea parte de un sistema más amplio que estaría muy por encima de nuestras capacidades de comprensión.

evolución sería necesario esperar hasta nuestros días. Ese reconocimiento exigía ciertos elementos teóricos que no estuvieron disponibles en su conjunto sino hasta hace poco tiempo: el principio de Lotka, la teoría de los sistemas disipativos, el principio de Zotin, la teoría del control, la teoría de la autopoiesis y, antes que nada, la termodinámica de no equilibrio. Las matemáticas no lineales, la teoría del caos, la informática, la cibernética y la epistemología constructivista contribuyeron mucho al desarrollo de este campo de investigación que se perfila hoy como una *sciencia nuova*: la ciencia de la complejidad.

A Spencer hay que reconocerle, después de todo, el mérito de haber sido el primer pensador que tomó en cuenta el papel de la energía en la evolución social y de haber vislumbrado la idea crucial de la evolución como “manifestaciones de la energía”.⁶

Desde la perspectiva de la filosofía spenceriana, la naturaleza es una serie de procesos “que obedecen las leyes de la materia, mismas que vuelven inestable lo homogéneo y estabilizan lo heterogéneo”. El avance “de lo simple a lo complejo” consiste en una progresiva diferenciación estructural y especialización funcional. Spencer dedicó buena parte de su obra a demostrar que la sociedad no es producto exclusivo del genio humano ni de individuos prominentes, sino resultado de las leyes de la naturaleza.

Ahora bien, el nombre de Spencer está asociado con la ideología decimonónica del progreso. Spencer es particularmente famoso por una falacia naturalista de su invención. Para responder la pregunta de cómo opera la “ley de la evolución” en los conflictos sociales, Spencer propuso la supervivencia del más apto como un mecanismo natural que solucionaría todo a corto o mediano plazo. Creía que la lucha por la vida asigna a cada quien su justo lugar en la sociedad. La semejanza superficial de esta tesis con alguna de las ideas atribuibles a Darwin hizo que se la etiquetara como *darwinismo social*. Marvin Harris (1968) comenta que, en realidad, esta doctrina debería llamarse “spencerismo biológico”.

Si comparamos el modelo evolutivo spenceriano con las ideas originales de Darwin, el resultado es sorprendente: no hay nada en común entre ambos, o casi nada.

⁶ “Basada como está la vida de una sociedad -escribe Spencer- en los productos animales y vegetales, y dependiendo éstos de la luz y del calor solares, se deduce que los cambios forjados por los hombres socialmente organizados son efectos de fuerzas que tienen un origen común con aquellas que producen todos los demás tipos de cambios. ... No sólo la energía que gastan el caballo uncido al arado y el labrador que lo guía procede del mismo depósito que la energía de la catarata y el huracán, sino que de este mismo depósito derivan esas *manifestaciones de la energía*, más sutiles y complejas, que se desprenden de la humanidad en cuanto cuerpo social” ([1862] 1912: 203-204).

En primer lugar, Spencer fue un firme partidario del mecanismo lamarckiano de la herencia de características adquiridas. La evolución social, según esto, también se debería a "las modificaciones heredadas, lentamente acumuladas" ([1876-1896] 1925-1929, 2: 270). En segundo lugar, la creencia en la perfectibilidad de la naturaleza humana agregó al evolucionismo spenceriano un cierto toque teleológico.⁷ Al concebir la evolución como progreso, Spencer hizo depender su teoría de la causalidad finalista y de esta manera se tendió a sí mismo una trampa epistemológica. Spencer se sumó al grupo de pensadores que conciben la evolución desde el más allá del proceso mismo, postulando una fuerza rectora externa. La *idea* de Hegel, el *comunismo* de Marx, el *superhombre* de Nietzsche, la *cultura-civilización* de Tylor, el *élan vital* de Bergson, el *punto Omega* de Theillard de Chardin, son ejemplos representativos de esta manera de pensar.

La búsqueda de una ley natural de la evolución emprendida por nuestro autor degeneró, pues, en una metafísica. La idea de progreso pasó a ser la justificación ideológica de la expansión del capitalismo decimonónico e, incluso, el fundamento "científico" del racismo.⁸ En aquel tiempo, para ser evolucionista se necesitaba depositar mucha fe en alguna causa final. El pensamiento teleológico postula una causalidad que opera desde el más allá. El problema consiste en que la causa final queda fuera de toda posibilidad de contrastación empírica. No es de extrañar, entonces, que al interior de la antropología todas las corrientes teóricas posteriores reaccionaran violentamente contra la idea misma de la evolución.⁹ Desde sus inicios, la antropología quiso ser una ciencia empírica. Se ha dicho que el darwinismo es una inmensa tautología. ¿En dónde está el malentendido?

El mérito indudable de Darwin consistió en ofrecer, en el ámbito de la historia natural, una fórmula alternativa al inexpugnable esquema de la causalidad finalista. Como hombre de su tiempo, Darwin compartía plenamente la idea del progreso, pero no la incluyó como elemento explicativo en su teoría. En la estructura del argumento darwiniano no hay nada que postule el progreso como necesario e inevitable.¹⁰ El

⁷ Un análisis atento del pensamiento de Spencer impide calificarlo como *teleológico*, pero la adhesión del autor a la moral victoriana hizo que así se lo interpretara más tarde (Ingold 1991).

⁸ No sería justo atribuir a Spencer una insensibilidad moral hacia los problemas sociales de la época de la industrialización. "Nadie es libre completamente mientras no lo sean todos", decía.

⁹ También es cierto que la idea de la evolución regresaba una y otra vez a la antropología. "La preocupación por la evolución ha culminado tres veces en la antropología: una con Spencer y Morgan a mediados del siglo XIX; de nuevo con Leslie White, sus seguidores y adversarios, a mitad del siglo XX; y una vez más con los contratiempos que rodearon la publicación de *Sociobiology* de E. O. Wilson a mediados de la década de los setenta" (Bohannon y Glazer 1997: xvii). Me pregunto por qué los autores desconocen los trabajos de Richard N. Adams.

¹⁰ En la obra de Darwin se puede encontrar igual cantidad de párrafos que apoyan la idea del progreso, a

punto de partida de la teoría de la selección natural no es la tendencia hacia la perfección, sino la variabilidad de las formas de vida. El núcleo del argumento es que la variación (un hecho observable) se somete a la selección (una inferencia teórica), de modo que para entender el origen común de las especies no es necesario recurrir a la idea de un plan preconcebido o *telos*, situado fuera de la realidad misma. Los procesos evolutivos resultan de la variación que brota espontáneamente y de la selección en las condiciones del aquí y el ahora. Este razonamiento permite eliminar el concepto de la "evolución hacia" y pensar en la "evolución desde".

Según Mayr (1992), el paradigma darwiniano tiene cinco componentes teóricos originales: (1) el postulado del origen común de las especies, (2) el principio de variación de las entidades evolutivas, (3) el papel predominante de la selección natural, (4) la representación del cambio como un proceso gradual y continuo, y (5) la inclusión del "fenómeno humano" en la naturaleza. La llamada *síntesis moderna* o neodarwinismo agregó a esta lista y puso un mayor énfasis en (6) el papel del azar en la dinámica evolutiva. El reconocimiento del azar y la inserción de fórmulas no lineales en el esquema de la selección natural llevan a concebir la evolución como una serie de *procesos estocásticos* que se seleccionan entre ellos.

Las ideas de Darwin no fueron comprendidas del todo antes de que surgiera la mencionada "nueva síntesis" a mediados del siglo XX. Con el redescubrimiento de las leyes mendelianas de la herencia y con la genética de poblaciones, la hipótesis darwiniana se reafirmó a tal punto que un eminente biólogo contemporáneo puede afirmar: "Nada en biología tiene sentido si no se explica a la luz de la evolución" (Dobzhansky 1973).

La síntesis moderna conserva el esquema explicativo de la variación sometida a la selección, pero incluye otras "fuerzas" o *potencialidades* evolutivas, tales como la mutación aleatoria, la deriva génica, la recombinación, la selección sexual, la selección por parentesco, la simbiogénesis y otras más, todas ellas sometidas a discusión. En especial, en la actualidad se discute mucho el punto (4), que se refiere a las características del cambio. Es la disposición abierta del argumento darwiniano lo que permite expandirlo, agregar o quitarle elementos. Dependiendo del nivel en el que se sitúe la entidad evolutiva, aparecen diferentes potencialidades que determinan los resultados.

Con el tiempo, el concepto de *evolución* ideado por Spencer adquirió en las

ciencias naturales un contenido claramente darwiniano, mientras que, en contraste, en las ciencias sociales se lo seguía identificando con el progreso. Ambos conceptos de evolución, el de la sociología y el de la biología, se formularon al mismo tiempo, pero se desarrollaron por separado. El problema reside en que en ambos casos se utilizó el mismo término, *evolución*. Esto representa una especie de aberración o “falla de origen”. La confusión aún perdura. Parte de ella se debe a que el propio Darwin utilizaba la expresión spenceriana de “supervivencia del más apto”, que fue adoptada de común acuerdo en medio del combate.¹¹ Sin embargo, la diferencia entre ambos modelos es profunda, y confundirlos no beneficia a ninguno de los dos. Los primeros antropólogos fueron evolucionistas, seguidores de Spencer, partidarios de la idea del Progreso Indefinido, una idea de origen extracientífico. Como resultado de los primeros debates en las ciencias sociales finalmente se rechazó el “darwinismo” en bloque, el de Spencer y de paso también el de Darwin. Por su parte, las ciencias naturales se desentendieron por completo de las ideas de Spencer, inclusive de las que podrían servirles, algunas de las cuales reaparecen ahora en la llamada “ciencia de la complejidad” como nuevas.

Supongo que, como le habría ocurrido a Copérnico de haber vivido lo suficiente, el propio Darwin quedaría estupefacto al saber que es a él precisamente a quien se atribuye la paternidad de la teoría evolucionista. En su tiempo, la palabra *evolución* era un término que poseía múltiples significados; podía entenderse como el despliegue de características preformadas, el progreso universal, la transformación lamarckiana, o como cualquier otra cosa menos como “el origen de las especies”. De las ideas postuladas por Darwin, puntualizadas arriba y resumidas bajo el nombre de “teoría de la descendencia con modificación”, la única compartida sin reservas por los evolucionistas de aquella época era, precisamente, la del origen *común* de las especies.¹² En cuanto al mecanismo de la selección natural, comenta Ernst Mayr (1992: 117), todos -incluso el propio Darwin- tuvieron algo que agregar. La mayoría de los evolucionistas del siglo XIX prefirieron los argumentos teleológicos de tipo lamarckiano o los “catastrofistas” de Lyell.

Mientras tanto, en las ciencias sociales la explicación teleológica permanece

¹¹ “La expresión a menudo utilizada por el señor Herbert Spencer, *supervivencia del más apto*, es más exacta y -a veces- igualmente conveniente”, escribió Darwin en la 5ª edición de *El origen de las especies*. Esto podría considerarse como un aval al concepto spenceriano de evolución.

¹² Si Darwin hubiera agregado la palabra “común” al título de su famoso libro (diciendo “El origen *común* de las especies”), tal vez habría ahorrado algún tiempo en las discusiones. La teoría de Darwin no explica el origen de ninguna de las especies en particular -asunto éste de naturaleza empírica-, sino que propone que las especies se transforman una en otra.

incólume. El progreso se postula como la fuerza motriz universal de la evolución. En especial, en el ámbito de la política alinearse como "progresista" es considerado como una postura "científicamente correcta". Sin embargo, sólo con base en algún prejuicio etnocéntrico se puede identificar la evolución toda con "el progreso de la humanidad". Tanto el argumento, como el contra-argumento es un raciocinio circular: si usted no cree en el progreso, es porque no tiene ideales.

Resulta que la evolución da pasos imprevisibles, en los que por cada avance pueden producirse varios retrocesos. El componente aleatorio de todo proceso evolutivo es algo que no puede soslayarse. La cantidad de sucesos azarosos en la evolución de cualquier especie, incluida la nuestra, es tan grande que es imposible pensar en un plan. ¿Qué es, entonces, la evolución?

1.2 Algoritmo *versus* telos

Si para el sentido común es muy difícil, cuando no imposible, aceptar un proceso vital que no obedezca a propósito explícito alguno, mucho más lo es para el espíritu religioso. Ideas como las del "diseño", el "destino manifiesto", el "plan de Dios" y otras parecidas son ideas vivas, compartidas tanto por los hombres de ciencia como por las personas que no son adictas al pensamiento racional. El otro polo de la alternativa, que consiste en dejar todo en manos de la casualidad, parece repugnar a la mente humana.

La doctrina ortodoxa predarwiniana, la de la *gran cadena del ser*, de Leibnitz, formulada a mediados del siglo XVIII, sostenía que los organismos individuales son manifestaciones de la esencia inalterable de cada especie, y que los individuos son "substancialmente" iguales entre sí. La condición inmutable de cada especie se imponía como evidente en sí misma; las variaciones en los detalles se consideraban como imperfecciones sin importancia. Se pensaba que los seres vivos se despliegan en el marco de un orden establecido de una vez por todas en la creación.¹³ La idea que se tenía de la naturaleza era la de una repetición interminable de sucesos que obedecían

¹³ Esta visión mística cumplía funciones sociales; de ahí su fuerza. Una imagen del inconsciente colectivo judeocristiano le confirió un soporte sagrado. Me refiero al sueño del patriarca bíblico Jacob, hijo de Isaac, nieto de Abraham. Jacob soñó con una escalera de fuego que ascendía de la tierra hacia el cielo, conformando una jerarquía compuesta por los seres vivos, los seres humanos (divididos entre siervos y dueños), los reyes, los santos, los ángeles y los arcángeles, las potestades y los dominios, hasta llegar a la divinidad. Todo estaba perfectamente ordenado. Tendrían que rodar cabezas de reyes para que esta visión del mundo pasara a la historia.

leyes estrictamente causales, como sucede en un mecanismo de relojería.¹⁴ “Todo está escrito”, es el lema del determinismo. El estado de armonía de la naturaleza y la tendencia universal hacia el equilibrio se postulaban como un reflejo de la perfección del Creador mismo. En esta *imago mundi* el universo “es”, no “llega a ser”, observa Prigogine (1995); de ahí las etiquetas de *fijismo* o *esencialismo* que se aplican a este tipo de discurso.

Al proponer su teoría de la transmutación, por llamarla de alguna manera, Jean Baptiste Lamarck (*Philosophie Zoologique* 1809) hizo dos cosas: subvirtió el orden jerárquico “natural” y dotó la *scala naturae* de un factor de movilidad.

Lamarck, que fue probablemente el biólogo más grande de la historia, puso la escala [de los seres vivos] cabeza abajo. Lamarck dijo que la escala comenzaba con los infusorios y que se producían cambios que llegaban hasta el hombre. Ese poner cabeza abajo la jerarquía fue una de las hazañas más sorprendentes que jamás tuvieron lugar. Fue el equivalente en biología de la revolución copernicana en astronomía. (Bateson 1991: 458)

La gran novedad del enfoque lamarckiano fue la idea de la *transmutación*, según la cual los organismos se desplazan a lo largo de la cadena del ser buscando alcanzar, en un proceso de mejora dirigida, la perfección.¹⁵ Resulta difícil imaginar cómo ocurre este proceso en concreto. El impulso innato hacia la excelencia es transmitido por unos “fluidos invisibles”, según Lamarck, para que los seres vivos puedan subir en jerarquía cambiando de especie. Lamarck no pudo prescindir de la imagen de la gran cadena del ser. Como le ocurrió a Copérnico, quien nunca cuestionó la existencia de las esferas celestes, Lamarck tampoco pudo desechar los elementos fundamentales de la visión del mundo vigente en su época. Aunque le diera un vuelco revolucionario, no puso en cuestión la jerarquía fija de los seres vivos.¹⁶ Para Ingold, la

¹⁴ En la mecánica clásica las leyes naturales reflejan la estructura atemporal del mundo. Pensar en términos del determinismo es posible sólo si se concibe el tiempo como reversible. El paradigma de la mecánica clásica influyó fuertemente en toda la ciencia, que se concebía como la búsqueda de leyes naturales formuladas en términos matemáticos y determinísticos, de tal modo que la explicación fuera lo mismo que la predicción. Este enfoque condujo al dualismo cartesiano y a la querrela en torno del reduccionismo. En ciencias sociales prevalece la opinión de que las entidades socioculturales no son entidades físicas, porque no las caracterizan relaciones de causalidad mecánica (O'Meara 1997: 410). Para el fenómeno social se postula un orden de otro tipo, semiótico o simbólico.

¹⁵ Según Lamarck, hay “un principio creador universal, un esfuerzo inconsciente y ascendente en la *scala naturae* que impulsa a cada criatura viviente hacia un grado de complejidad mayor” (Curtis y Barnes 1994: 29). La finalidad última de este proceso es la de alcanzar la perfección. Es impensable que una especie fracase y desaparezca.

¹⁶ Lamarck escribió que “en el transcurso de un tiempo prolongado, los individuos pertenecientes originariamente a una especie acaban transformándose en una especie nueva, distinta a la primera” (Lamarck 1809, citado en Mayr 1992: 346). Así, sin desaparecer, las especies se convertían en algo mejor. Tal vez fue por eso que Lamarck no tuvo tantos problemas con la opinión pública como Darwin, quien fue atacado duramente por los fundamentalistas.

pretensión lamarckiana de dotar de movilidad una jerarquía natural, inmutable por definición, fue un intento absurdo. Según el autor, "Lamarck fue la figura más pernicioso en toda la historia de la biología" (1991: 65). Según Bateson, en cambio, el biólogo francés fue un genio.

Villano o visionario, el padre de la biología moderna no pudo formular de manera convincente el mecanismo que impulsa la transformación de una especie en otra. Propuso la herencia de características adquiridas. En la actualidad ningún biólogo evolucionista sostiene esta tesis pero, curiosamente, en las ciencias sociales se la considera correcta para el manejo de datos culturales (véase, por ejemplo, Palerm 1968). Muchos biólogos (Maynard Smith y Szathmáry 2001: 216) y físicos (Prigogine, Allen y Herman 1977: 1-63) sostienen que "la herencia de características adquiridas" rige la evolución social. Autores como Peter Medawar, biólogo evolutivo, que no admiten un solo argumento a favor del transformismo lamarckiano en el terreno de su ciencia, lo recomiendan para las ciencias sociales aduciendo que "lo que se aprende en una generación puede incorporarse al patrimonio que hereda la siguiente" (Medawar 1977, citado en Kuper 1995: 27). El punto que quiero subrayar es que la versión lamarckiana de la evolución no puede sostenerse en ningún caso, tampoco en las ciencias sociales. ¿Por qué? Porque las características culturales no se heredan directamente, esto es, no sin la intermediación de algún mecanismo específico. No deja de ser un hecho curioso que una teoría, que en la biología resultó ser falsa, se admitió en las ciencias sociales. Éste no es un asunto ocioso y lo voy a discutir a continuación.

Los organismos o entidades evolutivas cambian porque adquieren y transfieren sus características. Ésta fue la gran idea de Lamarck. Darwin la hizo suya. Pero ni Lamarck ni Darwin sabían cuáles son exactamente los mecanismos de la herencia. Los que se descubrieron posteriormente (genéticos, fisiológicos, conductuales, sociales) encajaron perfectamente en la teoría de la selección natural de Darwin. Ahora sabemos que las características codificadas biológicamente se transfieren por la vía biológica (de individuo a individuo, verticalmente) y que las características codificadas mediante signos y símbolos se transmiten por la vía cultural (de individuo a individuo, de generación a generación, de sociedad a sociedad, vertical, horizontal y sezigadamente). ¿Cuál es, entonces, la razón para oponer la evolución biológica como "darwiniana" a la sociocultural como "lamarckiana"? ¿Se debe a que una se basa en mecanismos fisicoquímicos y la otra en mecanismos culturales? Preguntemos primero cuáles son estos "mecanismos". El problema del postulado lamarckiano consiste en que no especifica el vehículo que transmite la herencia o información.

La historia de la física registra casos curiosos en los que se inventaron

conceptos *ad hoc*, tales como el “éter”, el “flovisto”, el “calórico”, para explicar fenómenos de transmisión. Cada uno de estos conceptos se refiere a un medio a través del cual se trasportarían ondas, señales o calor, respectivamente. Los antropólogos inventaron, por su cuenta, la “cultura” como el “medio de transmisión de la información por vías no genéticas”. La pregunta es cuál es la naturaleza de este medio y cómo se propaga en él la información. En ocasiones da la impresión de que la cultura se concibe como una misteriosa “quinta esencia”, la cual los sabios de la antigüedad inventaron para explicar el funcionamiento de las cosas ubicadas fuera del ámbito terrestre. De algo que debería explicarse, la cultura se volvió la base de las explicaciones en antropología.

La información no se propaga en la nada. Cuando decimos que la información se transmite “culturalmente”, tenemos que contar siempre con una clara referencia al vehículo que lo hace posible. Los vehículos de transmisión, así como los códigos informáticos asociados, son realidades físicas y se conducen como tales, obedeciendo las leyes fundamentales de la naturaleza. Si no se toma en cuenta la naturaleza energética de los procesos informáticos no hay posibilidad alguna de formular una teoría verosímil de la evolución en general y de la evolución social en particular.

La razón termodinámica que invalida la tesis de las “características adquiridas heredadas” es que los procesos de transmisión de la información son procesos energéticos, esto es, irreversibles. El razonamiento es el siguiente. La segunda ley opera unidireccionalmente en el sentido en que todo proceso energético resulta en déficit llamado entropía. Una consecuencia de esto es que no hay modo de conservar intacta una estructura, sino reproduciéndola constantemente, mientras se pueda, mientras haya energía adicional para ello. La transmisión de una estructura tiene su propio costo, y este costo, el del flujo compensatorio (véase más adelante el apartado 3.1), crece con el tiempo. Este hecho es el que imprime una dinámica evolutiva a los procesos energéticos: los obliga a asegurarse la entropía baja en un ambiente que cambia hacia la entropía alta.

En el esquema lamarckiano la información se transmite de manera directa, como por arte de telepatía, sin costo alguno de por medio. La información se transmite “gratis”. Cuando Lamarck habla de “flujos invisibles”, se refiere a un mecanismo de origen sobrenatural. Para sostener esta tesis la biología de antaño buscó el refugio en la filosofía de corte idealista, específicamente, en el vitalismo. El idealismo se basa en el supuesto de que son las ideas las que mueven el mundo. Las ideas, la información, tienen dimensión cero. ¿Podemos concluir de ahí que la información es en un

fenómeno inmaterial? Si es así, entonces las leyes naturales no la incumben. Mucha gente cree en esto. Particularmente entre los antropólogos está muy difundida la creencia de que la cultura separa a la especie humana de la naturaleza precisamente por su carácter inmaterial. Se cree que la cultura transmite la información por vías que no implican coste energético alguno, de modo que las leyes de la termodinámica no se aplicarían para los casos de la evolución cultural.

Me parece que el argumento contra el transformismo lamarckiano más contundente es de Bateson: “... si la herencia lamarckiana fuera la regla o lo más corriente, todo el sistema de procesos estocásticos entrelazados se interrumpiría” ([1979] 1993: 165). En este caso la evolución sería imposible. Si los organismos recibieran directamente sus características, sin variaciones, sin interferencias ¿por dónde se introduciría el cambio?

Que la evolución consiste en una serie de *procesos estocásticos entrelazados* quiere decir que “los cambios que ocurren en uno de los niveles definen el escenario de los cambios en el otro” (Bateson citado en Adams 2001: 155). Darwin lo plantea así: “el desarrollo del cerebro hizo posible la invención del lenguaje y de las herramientas, lo que a su vez alentó el desarrollo ulterior del cerebro” (citado en Kuper 1996: 18). El desarrollo del cerebro creó un nuevo escenario, el de la mente. Los modelos mentales son los que, a su vez, permiten ensamblar nuevas formas energéticas. La evolución supone la realimentación entre una serie de procesos de distinta complejidad, inicialmente independientes entre sí, que se van entrelazando como procesos fisicoquímicos, biológicos y sociales. En todo caso se trata de formas/flujos energéticas concebidas como ciclos de energía-materiales-e-información que tienen diferentes propiedades autocatalíticas. Ésta, me parece, es la idea central del concepto de evolución y la iré explicando conforme avance el trabajo.

Un ejemplo ilustrativo de procesos estocásticos interdependientes es la relación entre el genotipo y el fenotipo. Si toda la información del genotipo se manifestara en el fenotipo, no habría lugar para cambios; la evolución quedaría desprovista de su mecanismo principal que es el de la variación/selección. Que los procesos evolutivos sean procesos estocásticos quiere decir que intervienen en ellos tanto el azar como la selección. La definición de Georgescu-Roegen, según la cual la evolución se debe a la interconexión entre los procesos físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales (véase más adelante) obedece a esta idea.

Lamarck atribuía al cambio biológico un propósito, un destino, resumido en el ideal abstracto de la perfección. En este sentido, los más grandes pensadores humanistas del siglo XIX y XX, tales como Spencer, Marx, Freud, eran lamarckianos. Por esa razón, la evolución lamarckiana, desterrada para siempre de las ciencias

naturales, tiene hoy tantos partidarios en las ciencias sociales.

Lamarck imaginaba que los seres vivos cambian bajo la presión del ambiente y que los cambios se transmiten directamente a los descendientes. Atribuía al ambiente el papel decisivo en la transformación: los organismos se trasmutan vía el uso y la falta de uso de sus órganos y funciones. El ambiente forma los organismos como un alfarero moldea cántaros. Éste es la esencia del argumento lamarckiano.

En contraste, Darwin tomó la variación como el primer término de su premisa. Para eso tuvo que desechar el prejuicio según el cual todos los organismos de una especie son *esencialmente* iguales. Los seres vivos, se pensaba, aunque imperfectos, eran la encarnación de un ideal. Las imperfecciones no tenían importancia; lo importante era lo invisible, la esencia. Según Darwin, por el contrario, es precisamente la producción de diferencias lo que suministra la materia prima para la selección. No hay *dós* organismos iguales. Las diferencias importan. El alfarero produce cántaros de distintas características que serán sometidos a prueba de la selección. Su producción se adapta a las condiciones del medio en términos estadísticos: serán reproducidos en mayor medida los cántaros de mayor resistencia, utilidad y versatilidad; en pocas palabras, los de mayor eficacia en un determinado medio, no los perfectos en abstracto. El alfarero nunca reduce la diversidad a cero; puesto que no sabe a ciencia cierta cómo operará en el futuro la selección sobre sus productos. El alfarero procede mediante el ensayo y la eliminación del error. En matemáticas, este tipo de procedimiento se llama *estocástico*.

Al postular la selección natural no necesitamos recurrir a un *telos* para reivindicar los aspectos creativos de la evolución. Los fundamentalistas del tiempo de Darwin percibieron en esto una amenaza a sus convicciones más profundas, tal como ocurre con los fundamentalistas de hoy. En la visión darwiniana, la naturaleza es “lo que existe por sí mismo”; nadie manda sobre ella. La naturaleza se *autoorganiza* sobre la marcha. “Los organismos vivos son sus propios administradores. No existe «algo» ajeno al sistema que lo dirija. El sistema se maneja a sí mismo y así es como funciona.” (Adams 2001: 110, citando a von Foerster.)

El prefijo *auto* incorporado a todos los términos que implican organización podría parecer excesivo, pero su uso obedece a la necesidad de deslindarse del sentido común. Desde esta perspectiva la organización supone un plan preconcebido. El concepto de *autoorganización* es una alternativa al omnipresente pensamiento finalista, inaugurada por Darwin con su idea del “origen [común] de las especies”, que más tarde se llamaría simplemente evolución. La evolución consiste en una serie de

realimentaciones típicas del proceso energético de expansión; un patrón que se va haciendo.

En el patrón evolutivo, pues, no existe un objetivo determinante desde el más allá; por el contrario, el patrón se construye a partir de los objetivos en el más acá. En el esquema darwiniano, se hace camino al andar: el éxito alimenta al éxito y el fracaso se castiga con desaparición. Como dice Bateson (1993), “la adaptación es el premio al cambio”. El alfarero tiene una fórmula o modelo mental que le sirve para comparar y corregir los resultados. Así también los sistemas cuentan con un modelo de sí mismos, que usan para la realimentación de su desempeño. Este tipo de procedimiento se denomina *teleonómico* (Mayr 1992: 80). El modelo de un sistema, construido en el proceso de autoorganización, es un *algoritmo*, que significa en el sentido amplio “un conjunto ordenado de operaciones que permite hallar la solución de un problema” (Seco 1999: 213).

Las definiciones de *cultura* que se manejan en antropología suelen estar impregnadas de la idea de finalidad. Los primeros evolucionistas lanzaron una definición finalista de la cultura: la Cultura de Tylor tenía por sinónimo la Civilización, que era el punto de llegada, y el progreso era el único camino para todos.

Son múltiples las razones por las que los seres humanos tenemos la ilusión de que todo en la vida obedece a un plan o a un destino grandioso (Boyer 2001), pero una sola razón basta para que el discurso científico quede desamparado frente a un futuro concebido como predeterminado. Un plan, un designio cualquiera, observa con agudeza Nicholas Georgescu-Roegen, “no puede tener éxito -ni siquiera bajo coerción física-, debido simplemente a su agresivo *petitio principii*. El primer requisito previo de un plan es que el comportamiento de todas las partes implicadas en el proceso sea totalmente predecible, al menos durante un espacio de tiempo considerable” (1996: 62). Y esto, bien lo sabemos, resulta imposible. Las cosas cambian y no vuelven a ser lo mismo; de eso se encarga la entropía. Las cosas cambian de veras, e irreversiblemente. La predicción se vuelve problemática.¹⁷ El plan, o más bien el patrón evolutivo, no es más que una cierta realimentación a futuro (un *feedforward*, que es el verdadero nombre del *feedback*).

¹⁷ Desafortunadamente, la capacidad de planear sobre la base de modelos mentales del pasado puede producir efectos muy diferentes de los deseados. (...) Los planes que se hacen sobre la base de la comprensión del pasado no necesariamente producen decisiones adecuadas para el futuro. Las complejidades de largo plazo del ambiente sólo han podido comprenderse a medida que los esfuerzos humanos han acarreado la destrucción desenfrenada, y los proyectos para encauzar a los seres humanos no pueden tomar en cuenta las innovaciones que aparecerán con el paso del tiempo (Adams [1988] 2001).

He aquí algunos ejemplos de "comportamiento estocástico" o de cómo se manifiesta esta característica típica del funcionamiento de los sistemas complejos. Cuando un sistema lanza al medio sus propágulos, no conoce las ventajas o desventajas que guarda el futuro para ellos. Un rizoma se aventura explorando el espacio sin elegir una dirección en especial. Un árbol produce miles de semillas, de las cuales sólo unas pocas brotarán, y de éstas menos todavía llegarán a la edad reproductiva. Una golondrina vuela a alta velocidad y atrapa insectos barriendo el espacio sin enfocar a cada uno de los objetos individualmente. Un perro callejero sigue todo lo que se mueve; quizá alguna vez encuentre un amo. El pescador lanza su red sin ver lo que sucede en la otra dimensión, allí donde viven los peces, y aún así, los atrapa. Los integrantes de una turba humana tienen opiniones encontradas en lo individual, pero en conjunto actúan como "un solo hombre": parecen acertar su objetivo en la oscuridad de sus convicciones más profundas.

Antes de proseguir, una digresión epistemológica. ¿La aceptación de los modelos estocásticos significa que el determinismo ya no sirve, que podemos cambiarlo por una interpretación estadística de las leyes naturales? ¿Son las leyes de la termodinámica generalizaciones estadísticas? El mero hecho de que se discutan los efectos de una ley física como probables o improbables es asombroso.¹⁸ En 1872 Ludwig von Boltzmann presentó su famosa ecuación, según la cual la entropía puede interpretarse como la medida del desorden molecular (la cantidad de complejones de las moléculas del gas disminuye con el tiempo). Boltzmann postulaba que la segunda ley es de naturaleza estadística y la trataba como "una mera ley de probabilidades" (Planck 1978: 231). A partir de este resultado la entropía se definió como la medida *estadística* del desorden. Los procesos de ordenamiento y los procesos vitales se pudieron considerar, entonces, como consecuencia –si bien poco probable– de leyes que no son del todo deterministas.

De acuerdo con esto, nada es imposible, todo es cuestión de probabilidad. Es probable, por ejemplo, que los átomos de oxígeno se agrupen en alguna parte de mi cuarto y que yo sienta asfixia. A tal suceso se le puede asignar una probabilidad. Dicha probabilidad será tan baja (alguien ya la hubo de calcular), que la edad del universo sería insuficiente para que se produzca el acontecimiento. Aun así, ¿no podría ser la vida un subproducto de uno o varios de esos eventos poco probables, que ocurrió antes de que terminara el tiempo? En teoría esto es posible.

¹⁸ A Albert Einstein se le atribuye la frase "Dios no juega con el universo a los dados", con la cual expresaba su malestar con el indeterminismo cuántico. Ilya Prigogine dice al respecto que "Dios no sólo juega a los dados, sino que los tiene cargados".

Sin embargo, no hay que abusar de la estadística. Sólo hay una cosa peor que imaginar la violación de las leyes de la física, según Arthur S. Eddington: creer en una coincidencia excesivamente improbable (1996: 222). Las pautas aleatorias no indican la ausencia de causas próximas. Lo que sucede es que los procesos complejos implican tal cantidad de interacciones que es imposible para la mente humana abarcarlas todas y la estadística es una manera de contender con el asunto.

El problema del azar es que su estatus epistemológico no está claro. Todavía se discute hasta qué punto el azar puede ser resultado de nuestra incompetencia y hasta qué punto es el resultado de la indeterminación, una condición que aparece en vastas áreas del universo que habitamos. El azar es en sí una relación y puede ser resultado tanto de causas fortuitas, como de una "intersección de coincidencias absolutas" (Monod). El azar en cuanto tal -no como resultado de nuestra ignorancia-, se acepta en la física como característica extensiva del universo. En la teoría evolucionista el problema suele solucionarse adoptando un modelo de causalidad que combina el determinismo de causas próximas con la selección basada en causas "últimas". Es una solución que admite el azar y la direccionalidad. En esto consiste el modelo *estocástico*, el de la "explicación basada en la selección".

En la ciencia hay una necesidad lógica de determinismo. El ideal laplaceano de la búsqueda de la verdad última se basa en él. Sin embargo, en la física moderna el esquema del materialismo mecanicista, tan fácil de entender, repentinamente dejó de funcionar. Después de la formulación del principio de incertidumbre el mundo físico ya no es lo que parece. La termodinámica, por su cuenta, contribuyó a desconfiar del realismo ingenuo al postular la "indeterminación entrópica" (véase más abajo). Con todo esto se sacudieron los fundamentos del sólido edificio de la física decimonónica y surgió la necesidad de un nuevo modelo de la ciencia. El nuevo paradigma se basa en la termodinámica de sistemas abiertos, esto es, en la idea de la evolución. Para su formulación, la contribución de Boltzmann fue fundamental: gracias a ella el análisis termodinámico, que hasta entonces se aplicaba estrictamente a la transmisión del calor, se extendió a fenómenos relacionados con la transmisión de información.¹⁹

Este, sin embargo, fue un resultado fortuito, que ni el propio Boltzmann pudo haber sospechado. En particular, el problema de determinismo *versus* indeterminismo está lejos de estar resuelto. Georgescu-Roegen llega al extremo de acusar a Boltzmann de que con su enfoque estadístico pretendió salvar la inasible segunda ley para la

¹⁹ En esta línea se inscriben las contribuciones de Shannon, Brillouin, Wiener y otros en el ámbito de la informática. Tal vez el futuro de las ciencias sociales está en una alianza con la informática, un camino que fue inaugurado en la antropología por Gregory Bateson.

representación mecanicista de la naturaleza. “El tiempo, la evolución, la intencionalidad, el cambio cualitativo, -sostiene el autor- no son meras apariencias que se pueden refutar con las leyes mecánicas ni con las estadísticas” (1996: 205). Por lo demás, “si la presencia de la vida tiene importancia, la vida debe tener algún efecto sobre las leyes físicas”, sostiene el autor (*ibidem* 254).²⁰

Los procesos estocásticos tienen, pues, una buena dosis de azar. Pero apostar todo al azar significaría renunciar a la explicación. Los procesos azarosos de los que habla la física subatómica, los del azar duro, simplemente barajan la materia; en cambio, los procesos estocásticos, los de la macrofísica, la clasifican. Clasificar es distinguir entre la baja y la alta entropía (Georgescu-Roegen 1996: 266). La “intención” de los organismos individuales es seguir vivos y ocupar un lugar bajo el sol en un mundo donde la entropía aumenta. *La intencionalidad de las estructuras vivientes consiste en mantener intacto su estatus disipativo (ibidem)*. Un sistema puede mantenerse en un estado estacionario, clasificando y absorbiendo la entropía baja del entorno sin violar ninguna ley física. Georgescu-Roegen define esta característica con el ingenioso término de “indeterminación entrópica”. La indeterminación designa aquí, creo, un espacio de creatividad evolutiva en el que se pueden dar combinaciones nuevas gracias a la “interconexión entre los procesos físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales”.

Cuando decimos “evolución”, pensamos en un proceso de cambio, pero no de cualquier cambio, sino el cambio encaminado en una dirección. Para evitar ciertas complicaciones filosóficas pongamos entre comillas la palabra “intencionalidad” o, mejor, cambiémosla por una más inocua: la de “direccionalidad”. La intención implica la voluntad; la dirección, en cambio, es una tendencia, que puede ser espontánea, resultado de la autoorganización.

El asunto de la direccionalidad merece comentario porque es un asunto de mucho interés en las humanidades. Como ya se ha dicho, el darwinismo desde el inicio se deslindó decididamente de la idea del propósito. Para Samuel Butler, un crítico contemporáneo de Darwin, esto fue una insensatez. (Quienes cuentan esta historia son

²⁰ En opinión de Georgescu-Roegen el monismo debe reemplazarse por el principio de complementariedad: no poseemos una imagen unificadora de la “textura entrelazada de materia, vida y espíritu” y ninguna teoría particular por sí sola puede explicar un fenómeno tan complejo como el de la vida. En las ciencias sociales persiste la opinión de que sus “principios, lógicas y métodos son radicalmente distintos de las que se usan en las ciencias naturales” (Viqueira 2002: 387). Con base en este argumento se distingue las “ciencias del espíritu” de las “ciencias de la naturaleza” (*ibidem*). A este respecto recomiendo la lectura de *La tercera cultura*, un libro de John Brockman (1995) en el que los hombres de ciencia exponen el paradigma de evolución como una frontera del conocimiento en la que la división entre las ciencias naturales y las sociales o humanidades se esfuma.

Margulis y Sagan 1996: 182-197.) La “nueva teoría”, según Butler, había desechado el niño con el agua del baño. Butler no tenía una mentalidad religiosa en el sentido en que no veía necesidad de recurrir a las causas finales para explicar la evolución. Los resultados de la selección natural le parecían más bien “una chapucería, que sólo se explicaba en ausencia de un dios infalible”. Pero aún así, insistía Butler, la vida muestra claramente una direccionalidad.

Los argumentos de Butler no se tomaron en serio, según Margulis y Sagan, porque parecían tener un sesgo lamarckiano y finalista. El problema no se pudo resolver en aquel momento porque Darwin, Wallace, Huxley y los demás defensores de la selección natural estaban impedidos de ver la cuestión con imparcialidad. Estaban ansiosos por darle a su argumento la forma consagrada por la única ciencia que se preciaba como tal en el siglo XIX, la física newtoniana. El propio Darwin lo creyó así y definió la selección como resultado de un conjunto de “leyes que actúan a nuestro alrededor”.²¹ Lo que tenemos aquí, pues, es el modelo mecanicista en boga de aquel entonces. Según este modelo las *cosas* están sujetas a las *fuerzas*; la realidad consiste en una serie de interacciones mecánicas reversibles,²² y la ciencia las describe con fidelidad objetiva. El conocimiento consiste en descubrir principios abstractos a partir de la observación.²³ Darwin creía en este esquema y estaba convencido de que la selección natural era un asunto de causas próximas. Y murió en el error. (Retomaré la idea de “causas próximas” y “causas selectivas” más adelante.)

La vida implica sensibilidad y capacidad de elección, incluso en sus niveles más primarios, argumentan Margulis y Sagan (1996). La vida es un experimento en marcha. En los procesos de autoorganización la experiencia se acumula en la memoria química, fisiológica, conductual, ecosistémica, institucional, sociocultural. Al aprender

²¹ “Estas leyes, en su sentido más amplio, son: la reproducción, la herencia que es casi una implicación de la anterior, la variabilidad a partir de la acción directa e indirecta de las condiciones de vida externas, junto con el uso y el desuso, una tasa de crecimiento lo bastante alta para conducir a una lucha por la vida, y como consecuencia de ello a la selección natural, todo lo cual acarrea una divergencia de caracteres y la extinción de las formas menos avanzadas. Así, de la guerra de la naturaleza, del hambre y la muerte, se deriva directamente el objeto más sublime que somos capaces de concebir, a saber, la producción de los animales superiores” (Darwin [1859] 1972: 489).

²² La polémica sobre el darwinismo en este punto sigue abierta. Autores como Margulis y Sagan (1996) consideran la selección darwiniana como un enfoque mecanicista. Otros como Daniel C. Dennett (1999), por el contrario, ven en el paradigma darwiniano una alternativa al mecanicismo, esto es, un enfoque constructivista.

²³ En su *Autobiografía* (Alianza Cien, México 1997), escrita con fines didácticos, Darwin se muestra muy convencido de que descubrió el principio de la selección natural por deducción, abstrayéndolo de los datos que obtuvo en su viaje en el *Beagle*. Sin embargo, en otro lugar confiesa que esta idea le vino de la lectura de Malthus. Hay quienes le reprochan a Darwin su escaso conocimiento de la filosofía de la ciencia, así Farrington 1979.

la tarea el sistema guarda la información en “el inconsciente de la organización”, para que ya no esté expuesta a más experimentación, según los mismos autores (*ibidem*). De ahí en adelante, la tarea es ejecutada de manera automática, por medio de controles internos. Esta característica de la vida, Maturana y Varela la llaman *clausura operativa* (1979) y la ponen en primer lugar, antes de la capacidad de reproducción. La clausura operativa preserva la complejidad del sistema y le imprime cierta dirección a su trayectoria. El aumento en la complejidad, el patrón evolutivo general, da la impresión ser el objetivo perseguido intencionalmente. El asunto crucial es entender que cualquier objetivo que se detecte en un proceso evolutivo no es externo a él, sino que surge sobre la marcha y se incorpora a la estructura de manera permanente.

La direccionalidad no es otra cosa sino la necesidad de perpetuar las complejidades propias independientemente de las incertidumbres del ambiente. La intencionalidad de la vida se discute mucho en la biología evolutiva (Wagensberg y Agustí 1998). En el ámbito de las ciencias sociales se admite con facilidad que las acciones de los individuos y de las instituciones se encuentran “determinadas” por objetivos y valores. El paradigma que aquí interesa, el de la autoorganización como selección, postula cierta dirección de los procesos evolutivos en el sentido en que la experiencia se sedimenta en la estructura de los sistemas. En medio de las interacciones surge un orden repetitivo. La intencionalidad presente en las acciones humanas, ya sea consciente ya sea espontánea, es parte de los mecanismos de procesamiento de información.

Los antropólogos son los responsables en buena medida de la idea de que las culturas humanas pueden variar libremente y sin límites, que las culturas son “un carnaval en donde todo es posible” (Boyer 2001). La capacidad humana de elaborar significados es asombrosa, pero su implementación tiene ciertamente limitaciones que impone el principio de la realidad. En otras palabras, la cultura como “libre capacidad de construir significados y asignarlos *donde es conveniente más que donde sería apropiado*” (Adams 1978: 29, subrayado mío), está al servicio de la reproducción de la sociedad. Nada libera a la sociedad de los constreñimientos naturales. Es más, cuanto más complejo se vuelve un sistema social, más vulnerable resulta frente a los desafíos del medio. Las culturas humanas suelen fomentar la creencia de que todo es posible; sin embargo, en el mundo de las concreciones tiene que tomarse muy en serio la dinámica de los procesos energéticos. La cultura es un nuevo género de complejidad que alcanzan estos procesos, idea que desarrollaré en el apartado 1.5 sobre el ambiente benigno, pero eso no la libera de la naturaleza.

Para finalizar la discusión sobre el determinismo y la direccionalidad de los

procesos evolutivos me apropiaré de las conclusiones de Georgescu-Roegen sobre este tema. La direccionalidad, en tanto objetivo que “anima” al sistema, es una *realimentación a futuro*, un programa que se formula sobre la marcha y que funcionará como un dispositivo autorregulador. Es el “orden gratuito” que emerge espontáneamente de un sinnúmero de interacciones fortuitas entre las partes del sistema. Su método preferido (el de la selección natural) es el ensayo y eliminación del error.

El futuro no se puede controlar, pero hasta cierto punto se puede preparar. El determinismo no es una propiedad intrínseca ni omnimoda de la naturaleza, y tampoco es el único modelo de causalidad. En especial, las leyes de la mecánica no “determinan” las formas de existencia en el mundo real. Como idealizaciones que son, permiten predecir el futuro con alguna precisión cuando se aplican a sistemas relativamente estables, idealizados o aislados, esto es, a ciertos aspectos de los sistemas reales. Pero si bien sirven para establecer las posiciones de los astros con una precisión aceptable a escala humana, en nada ayudan a explicar la evolución de un sistema como, por ejemplo, el clima, que es un sistema de evolución muy rápida, si lo comparamos con el sistema solar. Un modelo más realista o apropiado para el mundo de lo viviente es el modelo de causalidad estocástica. *Estocástico* significa “acertado al azar”, por decirlo en estos términos contradictorios, que se refieren a *un proceso que combina el azar con la (s)elección* y que arroja resultados parcialmente predecibles. Los arroja predecibles en la medida en que intervienen factores determinísticos, los que se combinan con los no lineales.

En suma, no hay evidencia alguna de un plan preconcebido en la evolución. Y si esto es así, no tiene sentido hablar de ni finalidad ni de progreso, al menos no con esta connotación tan fuertemente religiosa que suele tener el término. Sin embargo, sí existe cierta direccionalidad en la evolución general,²⁴ en la medida en la que ésta incorpora cantidades crecientes de energía en sus ciclos según el principio de Lotka y, simultáneamente, acumula más experiencia en sus estructuras y patrones, según el principio de San Mateo. La información se incorpora en las estructuras evolutivas mediante el algoritmo darwiniano o *máquina de Darwin*,²⁵ que surge en el proceso de

²⁴ La diferencia entre la *evolución específica* y la *general* (véase el Glosario) es la misma que existe entre un proceso concreto y la imagen que nos hacemos de él, entre el nivel de articulación y el nivel de integración.

²⁵ El término obedece a una analogía con la *máquina de Turing*, analogía ideada por Calvin. Se refiere a un mecanismo de autoorganización para el cual se necesita: (1) una pauta característica (2) que pueda ser copiada, (3) con variaciones o combinaciones (4) que compitan por el espacio y los recursos, (5) en un entorno polifacético (6) en el cual la siguiente ronda de variantes se base principalmente en las variantes de mayor éxito de la generación en curso, según el *principio de la herencia* de Darwin. (Calvin y Bickerton 2001: 111)

variación y selección, a través del método del ensayo y la eliminación del error. De este modo, el darwinismo se convierte en una forma general de explicación que es aplicable a todos los procesos históricos, valga la redundancia, los que se despliegan en el tiempo.

Ahora bien, ¿son las sociedades humanas unidades evolutivas en este sentido? Si definimos la sociedad como un ensamble de formas energéticas (véase más abajo), debemos admitir que también los grupos sociales como vehículos de supervivencia están sometidos a la dinámica evolutiva de variación/selección. Esta dinámica se conduce por la vía de una creciente inclusión de energía e información en los ciclos reproductivos y lleva hacia la máxima complejidad posible que admitan sus fronteras. Este lenguaje es un elemento teórico que pueden compartir las ciencias sociales con las ciencias naturales, aunque los modelos, que son elaboraciones posteriores, sean diferentes. Veamos por qué.

¿Qué particularidades tiene la evolución social? El procesamiento de la información es lo que marca la diferencia. La transmisión de la información se produce, en todo caso, a través de medios o “vehículos” que deben identificarse de acuerdo con su estructura física, espacial y temporal, pero la información socialmente adquirida se transmite por códigos y conductos diferentes a los de la herencia biológica, por varias razones. Los procesos culturales de transmisión difieren de los procesos biológicos (sean estos genéticos, fisiológicos o ecológicos) en que el procesamiento de la información se da por medios específicamente humanos (mentalísticos, ideáticos, simbólicos), que son sumamente costosos, imprecisos y enredados. La segunda diferencia es que en el caso de la transmisión social los códigos de procesamiento de la información son múltiples. Así tenemos la conducta, el lenguaje, las herramientas, el trabajo, las estructuras del parentesco, la economía, la organización social, la religión, el arte, la ciencia, el sentido común y todos aquellos medios o instituciones en las que está depositada la información que la mente humana pueda manejar. Todos estos tópicos, que suelen ser capítulos de un manual de antropología, pueden considerarse como distintos lenguajes en los que se procesa la información vital para un sistema. Siempre me pregunto por qué hay tantos medios, códigos, lenguajes, patrones y modelos, y por qué son de naturaleza tan diversa. Una respuesta provisional podría ser la siguiente. Para conseguir una interacción tan compleja como la que se da entre la sociedad y su entorno no es posible emplear un sólo código. Los lenguajes que habla el ser humano consigo mismo, con sus semejantes y con la naturaleza son “procesos descriptivos” (Pateé 1973, citado en Adams 1982: 19). Si dependiéramos de un solo código, el genético, por ejemplo, no llegaríamos más allá de los virus o de los

unicelulares. Los códigos múltiples como los mencionados más arriba permiten montar mecanismos de regulación complejos. Las sociedades humanas dependen de una cantidad de recursos variables porque los encontraron cómo incorporarlos en su estructura.

La cantidad y la combinación de los procesos descriptivos varía mucho de una sociedad a otra.²⁶ La ventaja evolutiva lotkiana de esta diversidad es que distintos patrones de herencia permiten la inclusión de más y más flujos o formas energéticas. En tanto estructura disipativa, la sociedad es una combinación de formas energéticas tanto humanas como no humanas e incluye las formas de equilibrio como las de no equilibrio, las que desarrollan una dinámica reproductiva propia. Las sociedades humanas, pues, se componen de elementos heterogéneos. Para contender con esta diversidad se necesita el concepto unificador de *forma energética*. La forma energética es una combinación de energía e información. En su expresión mínima la forma energética está compuesta por el flujo sustancial y el flujo regulador o estructura de regulación. Como tal consiste en el potencial para realizar el trabajo y se verifica en la liberación de este potencial de un modo específico. Abordaré el concepto de forma energética con más detalle en el capítulo que sigue.

Los autores que estudian el problema de las semejanzas y diferencias entre la evolución biológica y la social desde las ciencias naturales, suelen tratar los componentes de la conducta humana determinados culturalmente como análogos a los genes (así, por ejemplo, Boyd y Richerson 1985). El modelo de flujos energéticos y estructuras de regulación permite retomar el concepto de evolución de manera diferente. Como observa Adams (1988), no es que los biólogos tengan "genes" con los que trabajar y los antropólogos "rasgos culturales", sino que en ambos casos tiene que definirse la forma energética que sostiene la información. Discutiré este asunto en el apartado 1.4, lo que quiero dejar asentado es que en el nivel básico, el de la

²⁶ Bateson define estos procesos de intercambio y regulación con el término *transforma*. Y da un ejemplo ilustrativo: "... cuando se trata de reestructurar una gran ciudad durante un periodo de entre diez y treinta años, los planes y su ejecución tienen que pasar por las cabezas y manos de cientos de personas y docenas de comisiones". Los resultados son imprevisibles (Bateson [1972] 1991: 536). Las dinámicas inherentes a la cultura son, como vuelve a insistir el autor (1979), estocásticas. "Toda transforma de una configuración, todo esfuerzo por reproducir información en otro receptor, introduce implícitamente el error y el cambio. Por lo demás, cualquier esfuerzo de ese tipo es forzosamente disipativo en sí mismo y, por tanto, inherentemente dinámico y potencialmente generador de acontecimientos ulteriores. La intervención periódica de los sistemas nerviosos humanos introduce una dinámica particularmente intensa de autoorganización. Así pues, "reproducir" la cultura con cualquier grado de exactitud exige siempre un gasto de energía, una nueva fuente de potencial de trabajo. La cultura existe en este proceso disipativo de regeneración y ejecución, aun cuando cada una de esas acciones sea, en alguna medida, original." (Adams [1988] 2001)

termodinámica, la lógica de la segunda ley es tan aplicable a las formas energéticas prebióticas y orgánicas como a las sociales, puesto que lo que evoluciona son las formas energéticas y sus relaciones. En otras palabras, el objeto de estudio evolutivo son los ciclos de energía con capacidad de autocatálisis.

1.3 El paradigma expandido

Con todas las profundas diferencias que hay entre el concepto spenceriano y el darwiniano de evolución, existe un punto de coincidencia. Los dos comparten la idea de que las manifestaciones de la vida se rigen por leyes elementales de la naturaleza. Spencer concibió la evolución como el movimiento de estructuración de la materia; Darwin, como un proceso basado en el principio de variación/selección; en ambos casos se trata de procesos naturales, espontáneos, esto es, irreversibles. Es la termodinámica la que agrega a la definición de lo natural la característica de irreversible. En el presente trabajo trato de dilucidar qué significa esto para el estudio de la sociedad.

El paradigma evolucionista fue elaborado por Darwin en el lenguaje de las ciencias naturales, observa Adams (2001: 140). Ahora bien, la cuestión que viene al caso es que las entidades evolutivas no son solamente las orgánicas. Desde cierta perspectiva la vida es tan sólo un segmento en los procesos de selección, esto es, un producto especial de la selección. Es en este sentido como hay que entender la afirmación de Georgescu-Roegen de que la naturaleza no tiene costuras.²⁷ Los procesos de selección son procesos termodinámicamente abiertos; se necesitan mutuamente, ejercen influencia entre sí y forman el ambiente los unos para los otros.²⁸ El postulado darwiniano de la selección natural quedó reducido al ámbito de la biología, como si se tratara de un proceso excepcional, autosuficiente y aislado.

Una reformulación del paradigma evolucionista en términos más generales e incluyentes, en términos de la termodinámica de procesos irreversibles, permitiría elaborar una teoría general de la evolución, a manera de un territorio cognoscitivo común que incluiría todo género de procesos considerados, en primera instancia, como las realidades físicas que son. Ésta es una vieja idea de Spencer, que no prosperó por las

²⁷ "Tiempo, Espacio e incluso Naturaleza son conjuntos sin suturas" (1996: 115).

²⁸ En su tiempo, Wallace habló del medio como de una fuerza autónoma entre las demás, una fuerza que opera al lado de la selección natural. Véase la interpretación de esto en Adams 2001: 147.

razones expuestas arriba. En la actualidad, sin embargo, disponemos ya de algunas herramientas conceptuales que permiten traducir el principio de variación y selección si no directamente al lenguaje de la física, cuando menos a alguno compatible. “Creo que la segunda ley debe usarse por su valor heurístico, independientemente de cómo se haya usado en otro campo científico; sin ella hay pocas bases para una teoría importante” (Adams [1975] 1983: 128).

La evolución es *el cambio cualitativo provocado por la aparición de la novedad por combinación y por la actuación unidireccional de la ley de entropía. Se debe a la interconexión entre los procesos físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales. La única ley claramente evolutiva en la física es la ley de la entropía.* (Georgescu-Roegen 1996: 395).

El núcleo duro de la hipótesis es que la evolución es un proceso de naturaleza energética, estocástica. En este sentido, la evolución consiste en la conducción de la energía a través de estructuras autorreplicantes. Esta última condición, la de capacidad de reproducción, es una condición *sine qua non* para formar patrones. Adams define la evolución como un *proceso energético en el que la disipación en una parte del sistema libera la disipación en otras partes del mismo, de modo tal que la forma de todo el proceso se reproduce* (2001: 125).

Las formas energéticas actúan sobre formas energéticas, y “a eso es a lo que damos el nombre de *selección natural*” (Adams 2001: 154). Para que algo entre en el proceso evolutivo tiene que ser una forma energética y operar “de modo tal que todo el proceso se repita”. A diferencia de los procesos autocatalíticos simples, que se repiten siempre que hay condiciones para ello, los procesos vitales se promueven a sí mismos y crean (en parte) sus propias condiciones de existencia y reproducción.

Un organismo -una “entidad evolutiva”, en términos más amplios- puede definirse, según Farmer, como una combinación de procesos metabólicos y procesos reproductivos:

A grandes rasgos, un sistema vivo -un organismo- consiste en una relación simbiótica entre un metabolismo y un replicador. El metabolismo, compuesto por proteínas y demás, extrae energía del entorno, y el replicador contiene la impronta del organismo, con la información necesaria para crecer, hacer reparaciones y reproducirse. Ambos se necesitan: el replicador contiene la información necesaria para producir las proteínas, el ARN y las otras moléculas que constituyen el metabolismo y proporcionan la fuerza motriz del organismo, y el metabolismo suministra la energía y las materias primas necesarias para la construcción y el funcionamiento del replicador. (Farmer 1995: 344)

La relación simbiótica de la que habla el autor es la que se da entre el flujo energético y su dispositivo regulador [*trigger-flow model*], que puede aplicarse a los sistemas sociales. Por una parte, los flujos energéticos obedecen leyes naturales, por la otra, se estructuran de acuerdo con reglas de autopoiesis. Sobre la base de los

fenómenos fisicoquímicos surgen los *sistemas inclusivos autorreplicantes* (Adams 1982: 125). En estos fenómenos llama la atención el orden cibernético o informático, el programa teleonómico que el sistema formula para sus propios usos. A esto se refiere el concepto de *autoorganización*, un concepto medular de la octava jornada de la creación.

Si por ley natural entendemos una norma de alcance general que afecta de igual manera a un determinado tipo de sucesos, entonces la evolución no es ley natural. Aunque la evolución se monta sobre los procesos disipativos, nada garantiza que un sistema evolucione tan sólo porque disipa energía. El estatus epistemológico de la idea de evolución es, más bien, el de un *principio*. Por definición, “un principio permite obtener y unificar resultados conexos”, en el caso que nos ocupa, los resultados de las leyes de la termodinámica y las reglas de la autoorganización.

Sólo evolucionan los sistemas termodinámicamente abiertos con capacidad de reproducir su pauta maestra. La vida, así como la vida social, es un experimento en marcha, de modo que la ciencia que investiga la evolución es y seguirá siendo un conjunto de teorías provisionales, que combina leyes de la naturaleza con las reglas de la autoorganización.

1.4 La evolución es una sola

Para muchas personas, el término “darwinismo” llegó a ser una mala palabra. En las ciencias sociales tenemos la traumática experiencia del “darwinismo social”. Sin embargo, mucho se interpretan las ideas de Darwin sin haberlas entendido del todo. Desde el momento de la publicación del *Origen de las especies* se propagó una versión caricaturesca de la teoría, según la cual la evolución obedece a la “ley de la selva”, esto es, a la competencia despiadada en un mundo cruel, en el que sólo los más fuertes sobreviven. La versión popular del darwinismo es la de una doctrina que predica la competencia en la lucha por la vida. En esta línea de argumentación se colocó también el neoliberalismo, la versión más reciente del darwinismo social. La competencia y el éxito individual en los negocios, dicen los liberales, conducen inevitablemente al progreso. Sin embargo, estos son los modelos *folk* de la evolución social, que ni de broma tienen alguna relación con las ideas originales de Darwin.

Dicen los entendidos que el sufijo *-ismo* debería utilizarse solamente para las corrientes ideológicas. Si esta regla fuese respetada, Darwin podría decir con toda razón “yo no soy darwinista” (como alguna vez dijera Marx respecto de la teoría que

se le atribuía: “yo no soy marxista”). Esto es lo que de alguna manera afirmó Darwin en su intercambio epistolar con Wallace, cuando éste se declaró “hiperseleccionista” y “darwinista puro” (Gould 1985: 47). Sucede que las ideas de Darwin se manejan muchas veces como si fueran una doctrina o, más bien, como una especie de *anti* ideología, una máquina demoledora de dogmas. Desde su formulación inicial el paradigma darwiniano se enfrentó a todo tipo de credos: el creacionismo de la religión dominante, el finalismo de la teología natural y el fisicismo de la ciencia de la época. Cada adversario asignaba al “darwinismo” un contenido contrario a su propia convicción y lo combatía como tal (Mayr 1992). El resultado general fue una imagen maltrecha de las ideas de Darwin. Hasta que vino la llamada “síntesis moderna” no hubo suficiente claridad al respecto; incluso se llegó a cuestionar el estatus científico de la teoría evolucionista, tal como lo hizo (en su primera época) el influyente epistemólogo Karl Popper.²⁹

El concepto de forma/flujo energético permite sostener un enfoque monista, santo y seña de toda ciencia empírica, que debería serlo también de la ciencia social. El monismo supone que la realidad es una sola, opción filosófica ésta que permite sostener el principio de causalidad.³⁰ La causalidad es “el pegamento de la realidad”. Las cosas y las ideas pueden relacionarse porque son formas energéticas, porque son manifestaciones de energía. En algún nivel profundamente abstracto, nosotros también lo somos. Sólo sobre esta base es posible concebir los fenómenos socioculturales como parte de los procesos naturales. Así, “el trabajo, la información, la organización, los insumos, las perturbaciones, la regulación, las ideas y las cosas son, todos, fenómenos energéticos” (Adams 2001: 177). La vida social no tiene un estatus ontológico separado de la naturaleza ni puede reducirse a la cuestión de las “relaciones sociales” entre individuos y grupos, mucho menos a unas relaciones desencarnadas, que no necesitarían de ningún soporte material. Una vez más, la sociedad está compuesta por

²⁹ El propio Popper cambió de opinión posteriormente. Ruiz y Ayala (1998: 102) describen la evolución de su pensamiento. Hay autores, como Fernando Vallejo (*La tautología darwinista* Taurus, 1998) que no bajan a Darwin de impostor y su teoría de perogrullada. Eso depende en qué territorio nos movemos. En el terreno de la ciencia empírica debemos ser capaces de convertir la idea de la selección en una hipótesis heurística. La ciencia, en pocas palabras, consiste en encontrar un problema y solucionarlo.

³⁰ Al adoptar el enfoque energético deben tomarse *a priori* ciertas decisiones epistemológicas. El monismo o fisicalismo no implica asumir un determinismo mecanicista como opción única. El determinismo funciona en ciertas circunstancias, como las de laboratorio, precisamente en el contexto mecanicista, en el que es posible mantener bajo el control las causas próximas. Para los procesos complejos, en los que la cantidad de factores es tal que no podemos identificarlos a todos procede el modelo de causalidad que se llama *estocástico* (explicación basada en la selección). La macroevolución es el resultado acumulado y provisional de cambios microevolutivos.

formas energéticas humanas y “una cantidad potencialmente infinita de formas no humanas” (*ibidem*). Los fenómenos sociales deben entenderse como parte de un sistema energético más amplio, que se despliega mediante la dinámica de la disipación, dinámica común a todos los procesos energéticos.

La evolución es una sola porque la realidad no tiene costuras. Lo que hace la diferencia entre los distintos procesos evolutivos es la escala o el nivel de análisis, el “tipo lógico”, según Bateson (1979). Esto no significa que la evolución física explica la evolución biológica y esta última, la evolución social, sino que hay un sustrato común para cada proceso particular. En cada nivel aparecen potencialidades inéditas y nuevos códigos de información. Se dice que la evolución cultural es una prolongación de la evolución biológica “por otros medios” (así, por ejemplo, Service y Sahlins 1960); que “procede por los mismos principios, pero opera con materiales distintos” (Margalef 1981). Se dice que las unidades de la evolución orgánica son los genes, organismos, especies, ecosistemas y que, a su vez, las unidades de la evolución social son los “rasgos” culturales (ideas, símbolos, costumbres, tradiciones, instituciones). ¿Es correcta esta manera de razonar? La escuela del paralelismo entre “gen y cultura” tiene muchos partidarios entre biólogos como Wilson, Dawkins, Boyd y Richerson, Cavalli-Sforza, Brooks y Willey.

Tomemos como ejemplo una versión de esa tesis, la de Richard Dawkins sobre los “memes” (1976). El meme es concebido como la unidad básica de la herencia cultural, análogo al gen. Los “rasgos culturales” mencionados arriba son ejemplos de memes. Dawkins afirma que “nuestros genes nos observan”, que para ellos somos lo que la gallina al huevo: un medio de producir otro huevo, según el ingenioso dicho de Samuel Butler. De manera semejante, los memes, en tanto materiales culturales, se reproducen utilizando la organización social como medio. En el proceso de la selección natural, cualquier dispositivo capaz de insertar una mayor cantidad de determinados genes –los “genes egoístas”– en la siguiente generación asegura el éxito. En este sentido, el huevo (el genotipo) es más importante que la gallina (el fenotipo), la cual no es sino una “máquina de supervivencia” (un medio) para el huevo, según una expresión descriptiva de Dawkins. Se dice que los memes hacen lo mismo que los genes: utilizan la organización social para reproducirse. Éste es un ejemplo del razonamiento basado en la tesis de la “evolución por otros medios, pero los mismos principios”. Los memes sobreviven y se reproducen mediante la “selección cultural”, que consiste en la competencia entre los elementos presentes en el medio. Toda la discusión de “gen y cultura” se basa sobre este presupuesto.

Examinemos el argumento de cerca. Los genes determinan la estructura del

organismo, esto es, el fenotipo. Pero al reproducirse el fenotipo, lo que se transmite es, de nueva cuenta, el genotipo. La información asociada a la experiencia del individuo muere con él -a no ser que la deposite en otros medios, tanto cuanto se pueda de ella-. En el argumento de Dawkins el meme equivale al gen y el fenotipo a una determinada cultura, dando una ecuación como la siguiente:

gene : fenotipo :: meme : cultura.

El denominador común que sostiene esta serie de analogías es el concepto de información. Pero es un concepto de información desencarnado, el de información como una característica de "cero dimensiones". Al principio del capítulo traté de establecer una regla básica de la evolución de que los procesos energéticos siempre procesan información (el principio de San Mateo). Cuando pensamos en información siempre debemos contestar la pregunta sobre cuáles son los vehículos necesarios para transportarla. Para subsistir y reproducirse, el meme necesita de una estructura física ¿o no es así?³¹

Al parecer, en el argumento de Dawkins asoma el fantasma lamarckiano, el de los "flujos invisibles". En el transformacionismo lamarckiano no se toman en cuenta las realidades que hacen posible la transmisión de la información; la información parece ser algo enteramente inmaterial, que no ocupa ni tiempo ni espacio, que se transfiere directamente y sin costo energético alguno. La crítica que se puede formular a la teoría del meme de Dawkins es que su idea de la transmisión de la información no toma en cuenta el sustrato físico que le sirve de vehículo. Para propagarse, la información -aun siendo "la diferencia de cero dimensión material", como la define Bateson-, necesita algún soporte material, ya sean los genes, las neuronas, las personas, los libros, las bibliotecas, los archivos, las computadoras, los satélites, etcétera. Si se quiere introducir los memes en el proceso evolutivo, debe especificarse en qué sentido cumplen con su estatus de formas energéticas. Porque si son unidades no materiales, ¿de qué modo pueden interactuar con las demás partes del universo? El enfoque evolucionista es necesariamente una cuestión del monismo.

Pensar por separado los procesos físicos, bióticos y sociales se debe más bien a

³¹ El vehículo genético está tan miniaturizado que se identifica por completo con el mensaje. (Su eficacia en la transmisión es notable, pero aún así comete "errores" que dan lugar a variaciones.) Entonces, cuando se transmiten los genes, se transmiten los genes, mientras que cuando alguien transmite una idea no transmite las neuronas que la sostienen. La transmisión de la información por medios humanos recurre a vehículos distintos. Cuando la información cambia de vehículo hay mucho más pérdidas y variantes que en la transmisión genética. El procesamiento de la información por medios humanos, en particular, deja mucho que desear en cuanto a precisión. A esto hay que sumar el déficit energético normal en la construcción de dichos vehículos.

la organización de las disciplinas académicas. La evolución es una sola y opera con los mismos materiales y los mismos principios en todos los casos. Debido a distintas herramientas desarrolladas los procesos de distinta escala se estudian por separado. La evolución física no explica la evolución biológica, ni ésta la evolución social, porque todos forman parte de un solo proceso.

Los materiales con los que se construyen los *vehículos de supervivencia* sociales (Adams 1978) muestran una composición de formas fisicoquímicas, genéticas, fisiológicas, psicológicas, tecnológicas, económicas y sociales. A pesar de sus diferencias, esos materiales son combinaciones posibles porque tienen un denominador común: la estructura básica de los vehículos de supervivencia consiste en esta combinación de energía e información, que es la forma energética. Sobre esta base se pueden idear tantas secuencias evolutivas cuantas sean necesarias, de acuerdo con el objetivo del estudio. Lo que se debe evitar es trazar líneas exclusivas a través de la física, la biología o la sociología. No se puede separar, más que con fines analíticos, el huevo del cascarón, el molusco de su concha, el termitero de la sociedad hormiga, la sociedad de la ecología y lo material de las ideas.

En esta misma línea de razonamiento no resulta lícito afirmar que la sociedad humana se liberó de la lenta y engorrosa selección natural y emprendió el vertiginoso camino de la "selección cultural", como la llama Gould (1985), por lo menos no en el sentido de que "se separó de la naturaleza". La evolución orgánica no prescinde de la prebiótica, ni la social procede "por otros medios". En todo caso está presente el sustrato físico, el químico y, en la medida en que avanzamos en el tiempo, el biológico, el económico, el social, siendo que todos esos niveles se superponen si contamos con un modelo de esta complejidad. Lo que tienen en común las cosas y las ideas es que son formas energéticas. A partir de esta hipótesis es posible imaginar la evolución como conjunción de *flujos energéticos* (Adams), como interacción de *procesos abiertos* (Georgescu-Roegen), como interconexión de *procesos estocásticos* (Bateson). Estas ideas se complementan.

¿Qué es lo que evoluciona? Las formas energéticas y su ambiente, el conjunto de formas energéticas interrelacionadas. La evolución promueve la capacidad de movilizar los recursos y de asegurarlos en el futuro. En este sentido "la evolución de los organismos está tan íntimamente relacionada con la evolución del entorno, que juntos constituyen un único proceso evolutivo" (Lovelock 1992: 99). Ésta es la idea que me dispongo a explorar en el siguiente apartado para aplicarla a la evolución social.

1.5 El ambiente benigno

Los sistemas vivos no existen únicamente en virtud de su propia reproducción biológica. Deben también ordenar su ambiente a fin de asegurarse los insumos que requieren, muchos de los cuales son elementos no vivientes o dependen totalmente de cosas vivas. Para sobrevivir, los organismos deben contar con un *ambiente benigno*. Los ecólogos han formulado esta necesidad partiendo de la idea de que los organismos evolucionan como parte de un proceso de coevolución entre la población y su ambiente (Pianka 1978: 222). De modo que la cuestión de fondo de la selección natural está relacionada con esa supervivencia amplia y multifacética. La idoneidad del material genético no se somete a juicio —es decir, no se selecciona— en términos de la sola presencia de la información que lleva consigo, sino desde el punto de vista de su capacidad de reproducir al organismo para movilizar recursos. Para que ello ocurra, la supervivencia de los componentes ambientales es igualmente importante. (Adams 2001: 137, énfasis mío.)

La confluencia de procesos energéticos crea redes de intercambio a manera de nuevos ambientes. A esto precisamente se refieren los conceptos de evolución prebiótica, orgánica y sociocultural, y también el concepto de *coevolución*. Cada una de esas redes de intercambio representa un nuevo ambiente para las sucesivas combinaciones de formas energéticas. En ecología es conocida la expresión de Evelyn Hutchinson “el teatro ecológico y el juego evolutivo” (1965). Sirva esta misma metáfora para ilustrar cómo se constituye un nuevo escenario en el teatro ecológico, el escenario de la *cultura*.

En la historia de la biosfera se conocen varios “hitos evolutivos” (Maynard Smith y Szathmáry 2001). Son las principales transiciones que han afectado fuertemente la vida en la Tierra. Se trata no sólo de la formación de nuevos organismos y especies, sino también del surgimiento de nuevos ambientes. Un cambio ambiental espectacular fue el de la “explosión cámbrica” de hace 540 millones de años. La fotosíntesis (el control de las propiedades energéticas del oxígeno) condujo a la creación de un nuevo medio, el de la atmósfera oxigenada que aún nos alberga.³² Para los organismos anaeróbicos esto constituyó una calamidad y el fin del mundo; para los aeróbicos significó una nueva vida. La catástrofe inicial fue seguida por una “explosión” de gran cantidad de especies nuevas. Éste es un patrón evolutivo (crisis

³² La proporción de oxígeno libre en la atmósfera está ahora en estado estacionario (20% de oxígeno y 80% de nitrógeno). Estos valores determinan el grado de inflamabilidad. Si el oxígeno descendiera por debajo del 15%, los organismos actuales no podrían respirar. Si el oxígeno ascendiera a un nivel superior al 20%, los incendios arrasarian la superficie del planeta. El oxígeno atmosférico se ha mantenido en el nivel más confortable para las plantas y los animales durante millones de años (Capra 1998: 252). El autor de la hipótesis Gaia, James Lovelock, se pregunta cuáles son los mecanismos concretos mediante los que se regula la cantidad del oxígeno en la atmósfera. Uno de ellos es la producción del metano (en los pantanos, manglares, arrozales, intestinos de animales y basureros de las ciudades), un asunto poco estudiado.

seguida de disparo y posterior nivelación) que se manifiesta en la historia de la biosfera, en la historia de los ecosistemas, en la vida de las especies y también en la historia de las sociedades humanas.

Este tipo de movimiento o patrón obedece claramente el principio de Lotka, que predice la inclusión de la máxima cantidad de materia y energía en los ciclos vitales, y el principio de Zotin, que habla de *un balance entre la intensidad de la disipación y la cantidad de energía procesada*. En la historia de la sociedad se suceden etapas de crecimiento y de desarrollo precisamente en respuesta a estos condicionamientos energéticos. El resultado del crecimiento es el estado estacionario, mientras que el desarrollo es la superación de los límites mediante asociaciones novedosas entre formas energéticas preexistentes.

Lo anterior puede ilustrar la función de la cultura. Entendida como el procesamiento de información *por medios que están al alcance de los seres humanos*, la cultura permite el ensamble de una gran variedad de formas y flujos energéticos, en combinaciones antes inimaginables. La energía, esto es, tanto la energía corporal humana, como la de las plantas y los animales, la solar y la eólica, la del fuego y la del vapor, la de los combustibles fósiles y la nuclear, fluye a través de las estructuras sociales debido a que la cultura crea un *ambiente* propicio, el cual permite el acoplamiento de formas tan disímiles como las mencionadas.

Vivir en medio de una atmósfera saturada de oxígeno, que es un gas químicamente muy activo, es como vivir dentro de un tanque de combustible. Un problema mayúsculo en este caso es que las cosas podrían estar ardiendo de manera descontrolada, como de hecho lo hacen de vez en cuando. Todos los colores del fuego que podemos observar en nuestro mundo, el incandescente del Sol, el azul del cielo, el rojo del fuego, el verde de la fotosíntesis y los dorados del atardecer, son manifestaciones de innumerables transformaciones energéticas. La evolución es un proceso de disipación del calor. El calor es el calificativo excesivamente escueto para entender los innumerables procesos de combustión y sus efectos. Lo interesante no es el destino final de la energía, sino más bien los caminos que recorre y las cosas que se producen en este recorrido. La evolución es uno de los muchos procesos entrópicos que hay en la naturaleza, un proceso de *disipación controlada*, que consiste en la conducción de la energía a través de estructuras cada vez más variadas, combinaciones de estructuras simples y complejas, que son los vehículos de supervivencia.

La vida social es, entonces, una fase más del proceso evolutivo cuyo "motor" es la disipación de la energía. Así como la fotosíntesis liberó el oxígeno, lo cual permitió el surgimiento de nuevas formas energéticas (la simbiosis de los organismos

autotróficos con los heterotróficos), así también la cultura liberó una prodigiosa creatividad al ensamblar vehículos de supervivencia cada vez más potentes, más incluyentes, que consumen cantidades de energía crecientes. Desde la domesticación del fuego, que inaugura una larga lista de las invenciones de dispositivos para la captura de la energía exosmática, las sociedades humanas procesan cada vez más energía disponible en la biosfera. La “innovación evolutiva a través de la combinación” permite el enlace de formas energéticas que antes seguían trayectorias disipativas por separado. En el acoplamiento de formas energéticas por medios culturales se logran combinaciones increíbles. Vivir “en la cultura” es como vivir dentro de un ambiente de intensa disipación, en el que la energía se libera por doquier. ¿Quién no tiene la experiencia de haber cruzado la calle de su ciudad con el sentimiento de participar en un peligro y no haber muerto en el intento?

Por cuanto a la definición de la cultura como “un nuevo ambiente”, quizá un término más pertinente sería el de *nivel de integración*, si se me permite un préstamo teórico de la escuela de ecología cultural. Al utilizar el concepto de *niveles* Julian Steward (1954) se refería, exclusivamente, a la secuencia evolutiva social -de *familia, tribu y Estado*-, concebida como un patrón heurístico útil para ordenar los datos etnográficos. Distintos autores han adaptado esa secuencia a sus propios fines (véase Service 1962, Sahlins 1968, Fried 1972) y han conjeturado sobre la evolución de sociedades igualitarias, jerarquizadas y estratificadas. El concepto podría rendir más. Los *niveles* equivalen a los *tipos lógicos* de Bateson (1991). Los tipos lógicos son imágenes mentales que forman secuencias según su grado de complejidad.

Los niveles son, entonces, indicadores del grado de complejidad. La complejidad no es otra cosa que la distancia respecto del equilibrio termodinámico. Adams (1975) observa que ninguno de los autores mencionados en el párrafo anterior identificó la dinámica común que subyace a la formación de los niveles y que es, precisamente, la de los flujos energéticos. La reconstrucción de la evolución social que ofrece Adams en sus obras (1975, 1978, 1988) es un ejemplo de cómo funciona el concepto de niveles en tanto elemento teórico explicativo:

La cultura ... es un conjunto ... complejo de mecanismos de regulación, de dispositivos que emergieron en el curso de la evolución y le dieron a la especie humana una ventaja particularmente limitada sobre muchas otras especies rivales. El mecanismo básico de la cultura consiste en la asignación arbitraria de significados a las formas energéticas. Este proceso psicológico predominantemente humano es intrínsecamente expansivo, porque actúa a través del ensayo y la eliminación del error a fin de incrementar los flujos energéticos en el mundo. Como la vida misma, la cultura es un agente catalítico expansivo, una serie de dispositivos de regulación cuyo objetivo es la expansión de los flujos energéticos, a menos que expresamente se haya programado algo en el sentido contrario. (Adams 1982: 121)

En la cultura occidental y cristiana nada se ha programado en el sentido contrario a la expansión, aun cuando sus límites están a la vista de todos. ¿Se conoce algún país en el mundo que implementa en contra del derroche energético un programa en serio?

1.6 Cultura y evolución

El concepto de evolución tiene, de acuerdo con la idea que arriesgaron hace tiempo Sahlins y Service (1960), el doble significado de “evolución específica” y “evolución general”. La primera se refiere al nivel de fenómeno empírico, al *nivel de articulación*, y la segunda, al sistema de clasificación de estos fenómenos, al *nivel de integración*. La evolución específica se refiere a los hechos observables, mientras que la evolución general es una inferencia teórica, un *mapeo* mental de los procesos particulares. Según una sugerente idea de Bateson, todo proceso evolutivo lleva su propio mapeo de los sucesos (es decir, memoriza las condiciones del contorno), formando una especie de imagen operativa de su propio funcionamiento. El autor lo llama la “mente” del sistema y se refiere al *conjunto de mecanismos de realimentación*. En este sentido todo proceso evolutivo tiene su propia “cultura”.

Entendida como “conjunciones particulares de lo energético y lo mentalístico” (Adams 1978: 63), la cultura simplemente posibilita la combinación de flujos energéticos. En la cultura humana, los flujos ecológicos se conjugan con los económicos y los sociales; en el nivel precedente, los flujos fisicoquímicos se combinan con los orgánicos, estos con los conductuales, los somáticos con los exosomáticos. La cultura no se entiende como una separación de la humanidad respecto de la naturaleza. La cultura es un fenómeno tan natural como los demás fenómenos energéticos. La cultura permite la conjunción de formas y flujos energéticos por medio de modelos mentales, porque estos también son un tipo de flujo energético. Si las imágenes mentales tuvieran otra factura, si fueran hechas de otra sustancia ¿de qué manera podrían interactuar con las demás unidades operativas del universo? Cultura es el nombre de un nuevo género de complejidad que proporciona un ambiente benigno formado por y para los sistemas de un orden suprabiológico, en el que los procesos evolutivos prebióticos se amalgaman con los orgánicos y estos con los sociales.

La cultura, nuestra “segunda naturaleza”, nos ofrece el mundo. La cultura es un *nivel de integración* de procesos energéticos, de formas energéticas heterogéneas, que

permite “que se ensamblen en alianzas y asociaciones nuevas, complejidades que influyen en la selección natural y que sean influidas por ella” (Margulis y Sagan 1995: 17). Mediante la capacidad de simbolización los individuos se relacionan entre sí y con su medio. La cultura representa para la evolución social lo que la nueva atmósfera oxigenada representó para la evolución biológica: un nuevo ambiente que permite ensamblar una multitud de formas energéticas preexistentes en conjuntos novedosos.³³

No es correcto, entonces, hablar de “evolución cultural”, toda vez que la cultura no es un sistema disipativo propiamente dicho. En la medida en que la cultura es una dimensión del ambiente, podemos hablar de la evolución sociocultural, o simplemente de la social. Lo que evoluciona es la sociedad como un conjunto de sistemas disipativos, de formas energéticas humanas y no humanas. La cultura evoluciona como parte del ambiente.

1.7 Conclusiones preliminares

Deben distinguirse con claridad dos contenidos conceptuales diferentes que se designan con el mismo vocablo de *evolución*: el spenceriano y el darwiniano. En el primer caso la evolución se entiende como un avance de la vida, de la conciencia y de la cultura, fases de un proceso único y de alcance universal. La cultura se ha entendido en este contexto como “el progreso de la civilización”. Ésta es una interpretación de la realidad basada en la ideología, la ideología de “ascenso del hombre”. El concepto de evolución inspirado en la teoría darwiniana, en cambio, lleva a reconocer las modificaciones que conforman líneas de descendencia divergentes, sin que sea posible vislumbrar un plan previo ni un objetivo o destino final. Tampoco la complejidad se ofrece como una dirección impuesta por la ley: las formas de vida muy sencillas coexisten al lado de las complejas y no se puede alegar que hay ventajas decisivas en uno u otro sentido. La evolución darwiniana es “un proceso algorítmico de diseño: no planeado, no previsor, masivamente paralelo y prodigiosamente derrochador, en el que, sin embargo, los incrementos mínimos han sido utilizados económicamente, copiados y vueltos a copiar

³³ “I am not sure about a ‘new level of dissipative structure’. I may have used that expression somewhere, but the notion of levels is itself a model, and I am not sure how good it is for this epistemological question” (Dr. Adams, comunicación personal). Mi respuesta a esta objeción es que todo concepto (así como todo modelo, un conjunto coherente de conceptos) constituye una mediación. No tenemos acceso directo a la realidad sino a través de los conceptos. Es más, no sólo nosotros, sino todo sistema -toda entidad que tiene intercambios con el medio- necesita un modelo de sí mismo, esto es, un mecanismo regulador mediador.

a lo largo de miles y millones de años" (Dennett 1999: 295).

La diferencia entre la evolución darwiniana y la spenceriana (esta última lamarckiana o "cultural") se tomó como criterio para distinguir entre la evolución biológica y la social. A su vez, lo biológico se identificó como lo natural y se le opuso lo cultural como artificio imposible de entender con el método de ciencias naturales. Los partidarios del método científico en la "ciencia de la cultura" pensaban que las ciencias sociales encontrarían las leyes propias de la evolución social humana. Hubo incluso quienes llegaron a creer que eso fue lo que sucedió efectivamente. Engels dijo en la tumba de Marx que él era "el Darwin de la ciencia social". Lo que realmente ocurrió, sin embargo, fue que la discusión sobre la evolución se separó en campos diferentes y las ciencias sociales se desvincularon de las naturales. En el interior de las ciencias sociales y en la antropología social misma se han formulado teorías evolutivas incompatibles: la tan reputada de Spencer, la hegeliana de Marx, la multilínea de Steward, la general de White, la del "materialismo cultural" de Harris, la de la "energética social" de Adams y otras más.³⁴

En el capítulo que sigue comentaré los elementos que conforman la teoría evolutiva de Adams, su *energética social*. En ella, la sociedad se define en términos monistas, es decir, sobre la base de un esquema de causalidad "materialista" (de causas próximas y causas de selección natural, como se verá más adelante). Así mismo, los procesos naturales y sociales son compatibles entre sí por ser procesos energéticos. La sociedad no se reduce a las relaciones entre personas, sino que es más bien un asunto de relaciones entre formas energéticas de distinta naturaleza (humanas y no humanas, disipativas y en equilibrio, cosas e ideas). La evolución social involucra plantas y animales, artefactos y máquinas, personas y grupos sociales, materiales e ideas y, en suma, todo tipo de *formas energéticas* que se pueden ensamblar y desmontar en un determinado ambiente. Este ambiente es proporcionado por la cultura, una nueva dimensión de la realidad debida a la capacidad humana de inventar símbolos y asignar los significados "allí donde es conveniente, no dónde es necesario". En esto consiste su fuerza y su debilidad.

El conjunto de los procesos prebióticos, biológicos y sociales se entiende, entonces, como una unidad sobre la base común de las formas energéticas en pos del

³⁴ Una cierta diversidad de enfoques se posibilita porque un *paradigma*, en el sentido de Khun, abarca muchos problemas sin resolver e incluye varias teorías, pero también porque está relacionado con una concepción del mundo y con las convicciones más profundas de cada investigador. Si una de las teorías que componen un paradigma muestra alguna debilidad, no resulta indispensable descartar el paradigma entero. La misma diversidad interna de componentes permite hacer adaptaciones y reajustes de tipo homeostático, en el fondo, estocástico.

equilibrio, procesos que estudia la termodinámica de sistemas abiertos.

En resumidas cuentas ¿qué es lo que evoluciona? Desde la perspectiva teórica adoptada en este trabajo, lo que evoluciona es la sociedad entendida como una “conjunción particular de formas energéticas”, que son las llamadas “estructuras disipativas inclusivas autorreplicantes”. La cultura no evoluciona por sí misma, sino como una dimensión del ambiente. Una característica distintiva de la evolución social humana es que “la cultura permite la incorporación de procesos disipativos en estructuras disipativas de mayor envergadura” (Adams 2001: 65).

A medida que se integra más energía en los ciclos vitales, se producen estructuras cada vez más complejas y mejor informadas. La creciente dependencia de las sociedades humanas respecto de los procesos energéticos que promueven la energía *no humana* es un hecho que se manifiesta con toda claridad en la historia moderna. Todo ello contribuye a contrarrestar las pérdidas entrópicas, pero también a crear más entropía. La disipación de la energía es la fuerza motriz de un “proceso fundamental de ordenamiento”, el de la *selección termodinámica* (Hamilton 1977: 335). La selección natural darwiniana es un caso particular de esa selección, concebida como “un mecanismo que opera sobre todo tipo de estructuras de herencia” (Cambell 1965). La herencia viene a ser un caso especial de flujo energético. Este también es el caso de la herencia cultural. De cómo opera la selección termodinámica hablaré en los capítulos que siguen.

2 ¿Qué es la energía?

Deleite eterno, para el místico. El estado de agregación de la materia, para el físico. Denominador común de las partes operativas del universo, para el hombre práctico. Cada vez que sucede algo es porque la energía se convierte de una forma en otra o se transfiere de un lugar a otro, con el inevitable desgaste que indica la segunda ley. La ley de la entropía explica el funcionamiento de nuestro mundo. En este capítulo argumentaré que el concepto de energía no tiene sentido sin el de entropía. Aún cuando no se pueda calcular la entropía, siempre debe tomarse en cuenta qué es lo que significa.

La pregunta por el significado del término *energía* es una pregunta elemental, pero no tiene una sola respuesta sencilla y tal vez nunca la tendrá. “La naturaleza de la energía se encuentra en el centro del misterio de nuestra existencia como seres animados en un mundo inanimado” (Dyson 1975: 45).

Cuando preguntamos qué *es* la energía, preguntamos por el *ser*, mientras que el concepto evoca más bien el *devenir*. Energía es más susceptible de pensarse como verbo, como un incesante fluir, que como una esencia.

¿En qué sentido la energía es flujo? Los físicos del siglo XIX discutieron el asunto a brazo partido. Los protagonistas de este debate fueron Wilhelm Ostwald y Ludwig Boltzmann (Planck 1978). En la mecánica newtoniana la energía fue definida como la propiedad de masa en movimiento. Analógicamente a la caída de un peso de una altura mayor a otra menor, se pensaba, el calor fluye bajando de nivel. La conducción del calor sería entonces un proceso mecánico, reversible e inmune a la pérdida o disipación. La fricción, el desgaste y todas las demás “contingencias” no tendrían importancia teórica.

La posición contraria sostenía que la conducción del calor es una cuestión de dinámica, no de mecánica (“dinámico” quiere decir el que cambia en el tiempo, “mecánico” es el cambio reversible). La dinámica, una descripción del cambio, se funda en el hecho de que toda transformación energética implica siempre una pérdida irrevocable. Fue Joule quien invalidó el concepto de “calórico”, un hipotético fluido que transportaba el calor de unos cuerpos a otros, al demostrar que el calor puede transformarse en trabajo y viceversa. La palabra “flujo” se usó desde entonces en el sentido figurativo, para no equiparar los fenómenos de intercambio

energético con los fenómenos mecánicos reversibles. El parteaguas de esta historia fue la demostración de Boltzmann de que la transmisión del calor está relacionada con el movimiento de partículas de materia en el nivel elemental. La energía pasó a ser una propiedad de poblaciones de partículas. Cuando Boltzmann demostró que el método estadístico de Maxwell es bueno para explicar la naturaleza de los sistemas termodinámicos, se abrió un nuevo panorama en la ciencia. Con Boltzmann la termodinámica, inicialmente “la ciencia del calor”, se extendió a fenómenos que poco o nada tienen que ver con las máquinas térmicas. La segunda ley de la termodinámica de un asunto de especialistas en física teórica se tornó fuente de información básica para los modelos explicativos sobre el funcionamiento de nuestro mundo. Este giro que se dio en la interpretación de las leyes de la termodinámica tiene una derivación especialmente importante para las ciencias sociales.

Las dos interpretaciones de la segunda ley, la de Clausius (entropía como pérdida del calor) y la de Boltzmann (entropía como la medida del desorden), no se contradicen, pero son de distinto alcance. La interpretación estadística tuvo un efecto más extenso que la formulación restringida a la transmisión del calor. En especial, el surgimiento de la mecánica estadística permitió desarrollar métodos aplicables a todo tipo de sistemas complejos, que son los que procesan la información.¹

La energía es una propiedad extensiva del sistema físico y se hace “visible” cuando ocurre una transformación. He aquí un asunto para meditar. La energía no se percibe directamente, sino a través de sus manifestaciones: calor, trabajo, movimiento, radiación, inducción, enlace químico, fuerza nuclear, salto cuántico, gravitación, masa y otros más.² Así mismo, la energía se presenta ya sea en forma de ondas, ya sea en forma de corpúsculos, sin que nadie sepa todavía qué significa esto.

¹ No deja de sorprender que la mecánica estadística permite formular modelos aplicables en la investigación de fenómenos sociales. Por ejemplo, Alvarez-Ramírez, José y otros, Feedback control of the chemotherapy of HIV. *International Journal of bifurcation and chaos* 2000 (10) 9: 2207-2219. Una de las ventajas de la termodinámica consiste en que estudia los sistemas sin necesidad de tener en cuenta de qué está hecho su objeto de estudio. Véase también trabajos de Santa Fe Institute, y de otros grupos de investigadores dedicados a sistemas complejos.

² The physical quantity which can manifest itself as heat, as mechanical work, as motion, and in the binding of matter by nuclear or chemical forces. The modern concept of energy was developed early this century following the work of Einstein, whose special theory of relativity made it clear that mass itself is a manifestation of energy, and the pioneers of quantum mechanics, which led to a vastly improved understanding of energy transfer at the microscopic level. Although the concept of energy is now unified, and we understand it to be indestructible and uncreatable, nevertheless the differences between the various forms of energy are of paramount practical importance. (Counihan 1981: 49)

La situación es muy parecida, comenta Malcom Slessor (1978), a la del dinero, un concepto económico elemental. Nadie nunca ha visto el dinero, más que en sus manifestaciones específicas: en forma de monedas, conchas, semillas de cacao, plumas de quetzal, piedras, billetes, lingotes de oro, papeles de valor, cheques, trasposos por computadora, tarjetas de plástico, monederos electrónicos y cosas por el estilo. El dinero sólo se ve cuando pasa de manos. Así también la energía: nadie nunca ha visto la energía, su flujo sólo se percibe a través de sus transformaciones.

El concepto de *energía* fue inventado con un propósito pragmático, el de medir el contenido de un sistema en cuanto su “capacidad de realizar trabajo”. Esta es la definición de la energía que se da en todos los libros de texto. La “capacidad de realizar trabajo” es una propiedad de *forma energética*, un concepto que introdujo Richard N. Adams en su estudio de la sociedad “en clave energética”. El equivalente de ese concepto en física sería el de *energía potencial*. La energía es potencia de modificar las cosas. El término *forma energética* se refiere a una combinación de energía e información.³

Cuando unas formas energéticas se acoplan con otras hablamos de liberación de la energía que realiza el trabajo. Abordaré este aspecto en el siguiente capítulo, lo que aquí quiero resaltar es la idea de que la “liberación” de energía siempre está acompañada de “producción” de entropía. Pongo la palabra “producción” de entropía entre comillas para subrayar que cierta dosis de misterio en el lenguaje de la termodinámica es inevitable: ¿es posible producir la nada, esto es, producir una energía que no sirve absolutamente de nada? Podríamos decir que este es un problema puramente semántico si no fuera porque el concepto de entropía es tan necesario en la termodinámica como el cero en las matemáticas. Es precisamente debido a las pérdidas a manos de entropía por lo se desencadenan los procesos evolutivos. La evolución consiste en capturar y procesar más energía, precisamente para contrarrestar la disipación.

La energía de un sistema aislado es constante, la entropía aumenta con el tiempo. ¿Qué es la entropía? Es una metáfora, un concepto. El concepto de entropía es indispensable para comprender el de la energía. Es la energía disponible, y su anverso, la entropía, energía no disponible, las que deben de tenerse en mente cuando se

³ ¿Por qué en las ciencias duras no hay un concepto tan elemental como el de la forma energética? La respuesta podría ser que “la física lo tiene todo previsto respecto a la materia y la energía. ... Sin embargo, a pesar de que existe un rudimento de la *teoría matemática de información*, no disponemos por ahora de una formulación integrada de las tres magnitudes.” (Wagensberg y Agustí 1998: 22)

habla de una forma energética. "La *entropía* es un índice de la cantidad relativa de energía ligada existente en una estructura o, más exactamente, la entropía es una medida de cuán equitativamente se distribuye la energía en una estructura aislada" (Georgescu-Roegen 1996: 50). No existe energía en estado puro, una energía disponible "gratis" que rendiría al cien por ciento. Esta idea es importante para definir la eficiencia entrópica; volveré a ella en el capítulo 5.

La ley de la entropía tiene varias formulaciones (véase el Glosario), pero en lo fundamental expresa nuestra experiencia más trivial: *cuando una forma energética se convierte en otra, siempre se pierde cierta cantidad de energía útil, la cual se transforma en calor irrecuperable*. El resultado de cualquier actividad es un déficit energético para el sistema como un todo. La evolución se debe a este apuro entrópico. El déficit conduce los sistemas aislados hacia el estado de equilibrio termodinámico; los sistemas no aislados también, pero por otro camino, el camino de aumento en la complejidad. En el caso de sistemas aislados el equilibrio llega por inercia, en el caso de sistemas cerrados/abiertos el déficit entrópico se vuelve un estímulo para la interacción: los sistemas deben ingeniárselas para asegurarse más energía. "La lucha por la existencia es en primera instancia una disputa por la energía disponible", sentenció Ludwig von Boltzmann.

Desde principio la termodinámica asociaba los procesos entrópicos con la evolución. Para designar la energía degradada Clausius eligió conscientemente el vocablo griego "entropía", que significa "transformación" y también "vuelta" o "revolución", en el sentido precopernicano del término. Si Copérnico escribiera en griego, el título de su libro sería algo así como *De entropía de los mundos celestes* y ahora, tal vez, no nos costaría tanto trabajo relacionar la entropía con la evolución. La contradicción que impide ver esta relación con claridad se debe a que la evolución, el despliegue de estructuras ordenadas, se debe precisamente a los procesos de disipación que degradan la energía útil. La entropía es el motor de la evolución.

¿También lo es de la evolución social? "En la ciencia social no hay nada parecido a una ley de conservación de energía", dice Samuelson en su famoso libro de texto (1970: 243). Con esto expresa la opinión generalizada de que las ciencias sociales, debido a que su objeto de estudio es diferente al de las ciencias naturales, tienen su propio estatus epistemológico, lo cual las autoriza a buscar reglas propias. Esto nos permite declarar que un determinado sistema económico es bueno para todo el mundo de ahora en adelante.

¿Debería la ciencia social descubrir su propia ley de conservación de energía, cuando ésta ya fue descubierta hace tiempo? La ciencia social sería autorizada para hacer esto si las realidades sociales no fueran parte de la naturaleza.⁴ Pero si partimos de la premisa de que las leyes universales incumben a la sociedad humana al igual que a cualquier otro fenómeno macrofísico de este mundo, entonces debemos incluirlas a la hora de elaborar los modelos explicativos. La evolución social es una faceta del proceso de evolución universal. Es la termodinámica la que permite enfocar el proceso de evolución como uno sólo, un proceso que abarca la realidad física, biológica y social. La termodinámica proporciona una base lógica para la construcción de modelos de investigación en distintas áreas de la realidad. No es que haya un modelo para todos los fenómenos. Fue en la época del positivismo cuando se tomaban modelos elaborados en otras ciencias y se aplicaban sin preámbulos en el ámbito de lo social. Este fue el caso de darwinismo “social”, por ejemplo.

Otro ejemplo clásico es la imitación de la mecánica celestial newtoniana. Georgescu-Roegen (1996) comenta que la economía fue concebida por sus padres fundadores como “la mecánica de la utilidad”. La economía, como las demás ciencias sociales, nació bajo la influencia de los modelos explicativos de la física de su tiempo. La mecánica clásica y sus conceptos de ley, causalidad, determinismo y demás, fue en su tiempo la ciencia por antonomasia. Pero cuando la termodinámica introdujo en la realidad física el tiempo irreversible (la historia) y el cambio cualitativo (la evolución), el resultado fue que el modelo clásico dejó de ser *el* modelo.

Un modelo es parte de un procedimiento que se basa en reglas establecidas por una determinada epistemología. El paso previo que hay que dar antes de la formulación de un modelo es acogerse a una lógica, a las reglas de una racionalidad. La *epistemología evolucionista* se basa en la termodinámica de procesos irreversibles.

La aplicación de los principios epistemológicos generales en diferentes ciencias se realiza a través de “metáforas heurísticas” (Hayles 2000). En este sentido la entropía es una metáfora. Desde luego, no cualquier metáfora, sino una metáfora científica, esto es, una metáfora bajo el control de una racionalidad. Existen dificultades objetivas, tal vez debidas solamente a la falta de herramientas adecuadas tal vez más profundas, en aplicar los conceptos de energía y entropía en las ciencias sociales con la misma

⁴ La teoría que opone los conceptos de *cultura* y *natura* es el estructuralismo. Según Lévi-Strauss “la cultura es una irrupción de lo arbitrario en la naturaleza”. Esta frase tendría sentido si la naturaleza fuera como se la imaginaba Laplace, totalmente predeterminada y nada arbitraria. La indeterminación entrópica permite arbitrariedades (debidas al azar), que coexisten con la causalidad determinista, dando

precisión matemática con que se aplican estos conceptos en la física. Pero ese no es un argumento suficiente para hacerlos a un lado.

Aunque la entropía no necesita entrar en los cálculos de los economistas, siempre hay que tener en cuenta *qué es lo que significa*, ya que es un concepto del cual depende nuestro entendimiento de la naturaleza y de los límites del desarrollo, un tema que fue abordado en términos filosóficos por el economista Georgescu-Roegen (Slesser 1978: 19, subrayado mio).

Debe tomarse en cuenta, pues, *qué es lo que significa* la entropía. Estamos predispuestos a creer, por razones ideológicas, que al construir un mundo ordenado - cualquier cosa que quiera decir esto-, estamos disminuyendo el desorden. Justamente lo contrario es cierto. La producción de entropía se acelera en la medida en que se expanden los flujos energéticos. El argumento del presente ensayo es que la cultura es un agente de esta expansión, uno de tantos. La evolución social es una continuación de la evolución fisicoquímica, orgánica, psicológica por los mismos medios, con los mismos materiales y con los mismos fines, los de acumular cada vez más información en sus estructuras.

Para entender la evolución debemos atenemos primero a la lógica de la segunda ley. La segunda ley de la termodinámica indica que no toda la cantidad del calor puede transferirse en trabajo, y eso *independientemente* de los materiales y dispositivos tecnológicos que se usen.⁵ Cuanto más complejos sean esos dispositivos (tecnológicos, económicos, sociales), más energía liberarán y, simultáneamente, más inestabilidad provocarán. Esto se verifica de sobra en las sociedades modernas, las que se tambalean sobre sus propias bases energéticas, siendo adictas a un consumo de combustibles fósiles. La cantidad de energía que maneja una sociedad está en correspondencia con su complejidad estructural, pero a más complejidad, más vulnerable será la sociedad en cuestión. Las sociedades de "alta energía" son sociedades en guerra en contra de la naturaleza, sociedades desgarradas por las luchas internas, por el despilfarro, la contaminación ambiental, la miseria humana.

La biosfera es un sistema cerrado, que no aislado. En un mundo tal, "la reducción del caos al orden en una parte del sistema, conduce a una mayor generación del caos y desorden en todas partes" (Slesser 1978: 17). Si ordenamos

lugar a trayectorias parcialmente predecibles e impredecibles.

⁵ The fraction of quantity of heat that can be usefully turned into work is given by $(T - T_0) / T$, where T is the temperature of the heat supply, and the T_0 is the temperature of the 'sink' into which the used-up heat goes. This relation has considerable importance to economics, some of whose practitioners are inclined to visualise a world in which technology goes on improving for ever. Carnot's Principle denies this possibility (Slesser 1978: 17).

una parte del universo, es inevitable que se desordenen otras partes.⁶ Sin embargo, nuestra mentalidad de conquistadores de la naturaleza impide para que ésta verdad simple forme parte de las previsiones. La intervención de la "civilización de la máquina" en los asuntos de la biosfera encierra un peligro que a estas alturas ya nadie puede ignorar.

La energética es el estudio de la sociedad en cuanto ésta está estructurada como flujo energético. La energía, el incesante fluir de las cosas, subyace a todo proceso de estructuración e imprime su dinámica de expansión y contracción en los procesos evolutivos, incluidos los sociales. De todas las definiciones posibles de energía la más útil para la energética social es la del denominador común de las partes operativas del universo. El universo, sin embargo, no se desenvuelve sin roces. El concepto de energía no se entiende correctamente sin el de la entropía.

El fluir de la energía hacia el sumidero de la entropía no se puede detener. Lo mismo pasa con el tiempo. El tiempo es energía, el recurso escaso por antonomasia y fuera de control. La energía no se puede crear ni destruir, tampoco reciclar. La energía es el *factor independiente*. Esta es la tesis principal de la *energética*, "el estudio antropológico de los procesos energéticos" (Adams 1983: 128).

Es importante advertir esta diferencia en el uso del concepto de energía. En la energética social *energía* se entiende en el sentido holístico del término, y no en el sentido de un *input*. En el lenguaje cotidiano la palabra "energía" se usa como sinónimo de combustible. Ahora bien, el combustible es una de tantas formas energéticas que hay en el mundo. Está claro que el uso de los términos depende del contexto, pero debe evitarse el malentendido de que la energética explica la sociedad a partir del consumo de los energéticos o que aplica el concepto de energía como la causa material de todo lo que existe. Esto sería una suerte de reduccionismo monocausal. La energía es el denominador común de todo lo que sucede; la sociedad, un proceso disipativo entre otros. Mi intención es explorar las consecuencias que se derivan de esta perspectiva para la antropología, en especial para el ordenamiento de los datos etnográficos.

⁶ No "todas", como dice Slessor; tal vez, incluso, nos sea posible elegir cuáles de ellas se deban desordenar, sobreexplotar, contaminar. El control sobre los flujos energéticos, si es que lo hay en algún sentido de esta palabra, implica el control sobre la entropía, esto es, a dónde la mandamos.

3 *L*a termodinámica de procesos irreversibles

El proceso de disipación no puede ser detenido ni mucho menos revertido. Localmente y temporalmente sí se pueden transferir algunos de los efectos, pero tan sólo con la ayuda de un flujo compensatorio. Los flujos compensatorios son flujos de regulación y también están sometidos al deterioro entrópico. La necesidad de compensar la entropía hace que la disipación de la energía sea la fuerza motriz de la evolución. No hay diferentes leyes para diferentes tipos de evolución. La termodinámica de procesos irreversibles da cuenta de la evolución de sistemas abiertos en todos los niveles, desde el molecular hasta el poblacional. Las leyes de la termodinámica, empero, no bastan para explicar los procesos evolutivos de manera satisfactoria. En el caso de sistemas complejos se necesitan además las normas de la autoorganización. Son normas que surgen sobre la marcha y representan auténticas novedades en los procesos evolutivos tanto los fisicoquímicos, como los biológicos y los sociales.

3.1 La ley de entropía a efectos de compensación

El calor pasa espontáneamente del cuerpo caliente al cuerpo frío, nunca al revés. Las cosas se enfrían, se desordenan y se vuelven irreconocibles por sí sólo, sin que se necesite insumo adicional alguno. Este es el aspecto más prosaico de la realidad que la ciencia reconoció mediante las leyes de la termodinámica.

La formulación de estas leyes se debe a los físicos del siglo XIX (Carnot, Kelvin, Clausius, Maxwell, Boltzmann, Gibbs y Planck). La primera ley, la ley de la conservación de la energía, nunca se puso en duda ni sufrió modificación alguna, porque es un axioma. Pero la segunda ley tiene tantas formulaciones cuantos especialistas hay en la materia. Este hecho, algo desconcertante, indica que la termodinámica está en proceso de formación. Aun así, no es necesario esperar que concluyan todos los debates para darse cuenta de las implicaciones que tiene el concepto de entropía; la segunda ley está bien establecida. He aquí una formulación de Max Planck.

Clausius derivó la prueba de la segunda ley de la termodinámica de la hipótesis de que "el calor no pasa espontáneamente de un cuerpo más frío a uno más caliente".

Esta hipótesis debe ser acompañada de una explicación, ya que no sólo expresa de que el calor no pasa directamente de un cuerpo más frío a otro más caliente, sino también que es imposible transmitir calor de un cuerpo más frío a otro más caliente sin que se produzca un cambio en la naturaleza que sirva como *compensación*. En mi afán de aclarar este punto tan plenamente como me fuera posible, descubrí una manera de expresar la hipótesis en cuestión en una forma que consideré más simple y conveniente: *El proceso de la conducción del calor no puede ser de ningún modo completamente revertido*. Esto expresa la misma idea que la formulada por Clausius, pero sin requerir una explicación adicional. Al proceso que de ninguna manera puede ser *completamente revertido* yo lo llamé "natural". Hoy en día, el término de uso universal es "irreversible". (Planck 1978: 221)

Si la primera ley es la "ley de conservación", la segunda ley podría llamarse,

según la formulación de Planck, la “ley de compensación”, que el autor llama “hipótesis”. La dirección espontánea del flujo de energía es hacia el sumidero, pero por el camino se dan interferencias entre los flujos y surgen nuevos arreglos. El flujo compensatorio se ha conceptualizado bajo distintas metáforas, tales como: “instrumento exosomático” (Lotka), “convertidor catalítico” (Prigogine), “flujo energético de capacitación” (Blackburn), “puerta energética” (Margalef), “reloj” (Georgescu-Roegen) y “mecanismo detonador” (Adams).¹ Los flujos compensatorios, los que ordenan el sistema y detienen su degradación, no evaden la segunda ley, al contrario, provocan un incremento mayor de entropía, debido a lo cual el sistema se ve en la necesidad de allegarse cada vez más insumos de baja entropía.

En otras palabras, la energía se degrada, pero no necesariamente sin dejar huella. Los remanentes de la disipación se pueden “reavivar” al costo de una energía suplementaria, de tal manera que puedan ser utilizados para realizar más trabajo (Margalef 1971: 73). Es aquí donde se manifiesta la necesidad de una *cuarta ley* de la termodinámica, la “ley de organización”, pero nadie pudo formularla hasta ahora.

3.2 La evolución y el régimen de no equilibrio

A principios del siglo XIX dos ideas contradictorias se plasmaron en relación con el paradigma de la evolución. Nicolás Carnot, observando las máquinas, formuló la segunda ley de la termodinámica, la cual da cuenta de la evolución de un sistema aislado. A su vez, Herbert Spencer, observando los “supraorganismos” sociales, formuló el principio de la evolución como incremento en la complejidad (“integración de la materia con la concomitante disipación de la potencia”). Es así como surgió la contradicción: por una parte tenemos la disipación y, por la otra, la construcción de estructuras complejas. La degeneración espontánea de las cosas (la entropía) se contradice con la tendencia hacia una progresiva estructuración de las transformaciones energéticas. ¿Cómo conciliar la ley universal que conduce hacia el equilibrio termodinámico con la tendencia de los sistemas adaptativos de alejarse del equilibrio? Si el desgaste es la ley ¿cómo es que surja tanto orden? Planteado así, el problema no está resuelto y “todavía no tenemos un nexo de unión entre la

¹ Los textos sobre este tema de los autores citados están reunidos en la antología de Tyrtania 1999.

aparición de las formas naturales organizadas, por una parte, y la tendencia hacia la desorganización, por otra" (Prigogine y Stengers 1983:142).

Aquí merece un paréntesis la reflexión de Leslie White, el primer antropólogo que se propuso revisar los conceptos de la "ciencia de la cultura" a la luz de la termodinámica:

... en un minúsculo sector del cosmos, a saber, en los sistemas materiales vivientes, el sentido del proceso cósmico parece invertido: la organización de la materia y la concentración de la energía se hacen cada vez más elevadas. La vida es un proceso de construcción y estructuración. La evolución biológica es sencillamente una expresión del proceso termodinámico que corre en sentido opuesto a aquel especificado por la segunda ley para el cosmos como un todo (1964: 340).

¿Es la vida una excepción en la naturaleza? Hay quienes suscriben esta tesis. Los antropólogos son muy propensos a creer tal cosa, porque con mucha facilidad creen que su objeto de estudio es *sui generis*. Es tan especial que no es necesario recurrir a las leyes naturales para describirlo. Autores de gran estatura teórica, como Lévi-Strauss, Bateson, Balandier, Geertz, y otros, claramente reconocieron la importancia del componente energético en la evolución, pero nunca emprendieron ningún análisis en esta dirección. ¿Por qué? Tal vez por pensar que los principios de la termodinámica se refieren sólo a los aspectos triviales de su objeto de estudio.²

Ahora bien, nadie puede sostener que la vida contraviene las leyes de la naturaleza. Mientras la biología y la física ya están de acuerdo en esto, las ciencias sociales, sin embargo, parecen todavía seguir en el carril de sentido contrario. Se dice que la posibilidad de hacer *ciencia* de la sociedad o de la cultura "es una quimera" (O'Meara 1997: 399). El citado autor probablemente entiende por ciencia la física clásica con su epistemología mecanicista y determinista, frente a la cual las ciencias sociales sufren desde siempre un tremendo complejo de inferioridad. Los intentos de copiar los modelos físicos e implementar una "física social" de corte positivista que se han dado hasta ahora fracasaron estrepitosamente. ¿Se necesita alguna prueba más para demostrar que el determinismo de las ciencias duras no va con los asuntos humanos?

¹ Bateson, Lévi-Strauss, Balandier, are all more or less structuralist, and structure -of course- is relational and has no substance; that is, structure has no energy. So the problem is not that they do not admit that energy is there, it is just that for them, it is totally unimportant. If one were to ask them about energy, they would probably say "Oh! of course; but everyone knows that it is banal and boring" (Dr. Adams, comunicación personal).

Sucede, sin embargo, que la física moderna y las ciencias naturales ya se alejaron mucho del ideal determinista laplaceano, el cual suponía un orden absoluto y omnipresente en la naturaleza. Es más, la ciencia de hoy dejó de ofrecer explicaciones definitivas. Su estrategia ahora parece consistir en ofrecer paradojas. Una de ellas es la paradoja Carnot/Darwin, también llamada “el dilema de Spencer” en honor de quién formuló primero el problema que se refiere a los aspectos contradictorios y complementarios de los conceptos de entropía y evolución.

El “nexo de unión” entre entropía y evolución bien podría ser *la termodinámica de procesos irreversibles*, desarrollada por Prigogine y sus colaboradores en las últimas tres décadas. La teoría asume que no hay diferentes leyes para diferentes tipos de evolución; lo que cambia es la “situación termodinámica” o el régimen en el que se ubican los fenómenos macrofísicos (Glansdorff y Prigogine 1971: 288). En situaciones cercanas al equilibrio ocurre el desgaste, la destrucción de estructuras y la pérdida de sensibilidad a las condiciones iniciales. El resultado final es el equilibrio, el estado de cero producción de entropía. En cambio, en el *régimen de no equilibrio* se observa paralelamente al aumento en la producción de entropía el surgimiento de sistemas complejos. Los sistemas complejos son conjuntos que no pierden la *memoria* de las condiciones iniciales. Evolucionan obedeciendo las mismas leyes de la termodinámica que los sistemas aislados.

La termodinámica clásica se ocupó de situaciones cercanas al equilibrio, explica Prigogine. En este régimen, cuyo ejemplo paradigmático es el gas ideal, se maneja una determinada cantidad de variables (la temperatura, la energía, la entropía, la densidad y las demás), todas ellas susceptibles de tratamiento matemático, bajo una condición: la del sistema aislado. En un sistema de este tipo la entropía se produce por inercia.

La termodinámica de sistemas no aislados se ocupa del régimen local, del régimen de no equilibrio. En contraste con las poderosas idealizaciones de la termodinámica clásica apenas cuenta con algunas propuestas iniciales. Aun así, sus conceptos prometen resultados interesantes en el estudio de los sistemas abiertos. Estos desarrollos interesan mucho en las ciencias sociales. En el régimen de no equilibrio la organización surge como algo natural, espontáneo. ¿Qué implica el aumento de entropía, se pregunta Prigogine, cuando se trata de moléculas químicamente activas, sistemas macrofísicos a distinta escala, sistemas orgánicos, sistemas inmunológicos y sistemas sociales? Son preguntas legítimas, aun cuando no se pueden formular ni contestar con precisión matemática. Sería ingenuo pensar que en

estos casos la segunda ley queda suspendida o que “el proceso cósmico queda invertido”.

La termodinámica de procesos irreversibles se basa en dos elementos teóricos. Uno es el *principio de máxima entropía*, según el cual el estado más probable de un sistema es aquel que maximiza la entropía total, la interna más la que “transfiere” al medio. La suma de las entropías de los sistemas involucrados en el intercambio debe ser positiva o cero. La ley no prohíbe que algún término parcial sea negativo.

El concepto de entropía ocupa una posición única. La energía se conserva. Otras cantidades pueden crearse o destruirse, incrementarse o reducirse, en el curso de la evolución. La producción de entropía, en cambio, sólo puede ser positiva o cero. De ahí que la segunda ley sea *una ley universal de la evolución* de sistemas macroscópicos: la cantidad de entropía que corresponde al sistema y a su entorno sólo puede incrementarse en el transcurso del tiempo (Prigogine y otros 1977).

El otro elemento de la termodinámica de procesos irreversibles es el *teorema de la mínima producción de entropía*. El primer componente teórico antes mencionado se refiere al balance entrópico; el segundo, a cómo se produce la entropía en el régimen de no equilibrio. *Cuando determinadas condiciones de frontera previenen al sistema de alcanzar el equilibrio termodinámico de cero producción de entropía el sistema se instala en el estado de mínima producción de entropía o estado estacionario*. Este es el principio Prigogine Waime. El estado estacionario hacia el cual “evoluciona” un sistema en tal régimen se caracteriza por un valor mínimo en la tasa de producción de entropía compatible con las ligaduras impuestas por el entorno (Wagensberg 1985).

En la termodinámica de sistemas abiertos el teorema de la mínima producción de entropía desplaza de su lugar central a la hipótesis del equilibrio termodinámico. En la región de no equilibrio, en vez de aleatoriedad total, la que caracteriza el estado del equilibrio, se produce el estado estacionario. El estado estacionario sigue siendo una fluctuación energética, pero “controlada” por los flujos compensatorios. El estado de equilibrio es uno sólo y definitivo, los estados estacionarios son múltiples y sólo pueden desarrollarse local y temporalmente. Cuando una nueva fluctuación provoca la crisis, el sistema busca un nuevo estado estacionario, entre tanto puede “permanecer” en estado fluctuante y hasta caótico.

3.3 La hipótesis y sus implicaciones

La hipótesis principal de Prigogine, la de “orden a partir de las fluctuaciones”, es más fácil entender para un lego en términos descriptivos que a partir de los

desarrollos cuantitativos (sobre todo si el lego no sabe matemáticas, como es mi caso). Los críticos de Prigogine señalan que sus pruebas no son del todo concluyentes. “La idea en un inicio es sencilla, su desarrollo cuantitativo, a pesar de ostentosas aseveraciones de haber sido ubicada en contexto termodinámico, aun es más un programa que un hecho”, según Leopoldo García-Collín (1989: 165). De todos modos, y aún siendo programa, la idea trascendió el ámbito de la física. Prigogine es un autor prolífico y dedica una buena parte de sus publicaciones a la divulgación (véase la bibliografía), y de ahí es de donde extraigo las ideas que me parecen útiles para la formulación del modelo de investigación en antropología.

En cuanto a sus implicaciones filosóficas, la termodinámica de procesos irreversibles invita a remplazar la angustia de la muerte térmica del Cosmos por la esperanza de una constante regeneración de sus estructuras. Es precisamente la disipación en la que radican las posibilidades de la reorganización de nuestro mundo: la entropía que acompaña a todas las transformaciones energéticas induce a la evolución, porque los sistemas tienen que ingeniárselas para contrarrestar el déficit entrópico.

Aparte del atractivo de “fundamentar nuestro optimismo”, los nuevos instrumentos conceptuales resultan ser más útiles, que los de la termodinámica clásica, para el estudio de los sistemas abiertos. En biología su ventaja fue advertida de inmediato, no así en las ciencias sociales.

La evolución sólo es posible en un mundo en el que la disipación de la energía es intensa. Los procesos energéticos en el régimen de no equilibrio son entrópicos, pero, a la par, creativos. De alguna manera el desorden y la organización son resultados concurrentes. Por eso en la *ciencia de la complejidad*, la cual se desarrolla al amparo de la termodinámica de sistemas de no equilibrio, abundan expresiones ambivalentes, tales como “caos determinístico”, “desorden productivo”, “estructuras profundas del azar” y otras por el estilo. Para decirlo en términos de la mitología griega, Caos y Cosmos, las antagonicas deidades primigenias, siguen combatiéndose.³ Las estructuras de la

³ El postulado de “orden a partir del caos”, una generalización de la hipótesis de Prigogine, sostiene que el caos no desaparece nunca porque es fuente segura de fluctuaciones. La variación de formas representa la fecundidad de la historia. El Caos, por oposición al Cosmos, no es simplemente el desorden puro. En la teoría de “atractores extraños” (Gleick 1988), por ejemplo, el Caos es una fuente inagotable de información. En sus profundidades el Caos alberga estructuras ordenadas, las cuales “atraen” los recursos en la medida en que estas estructuras se despliegan. En el lenguaje coloquial de los físicos se dice “azar duro” cuando hay aleatoriedad total y “caos determinístico”, cuando se observa la emergencia del orden, como en el caso de dichos atractores extraños, que representan una faceta matemática de sistemas dinámicos.

sociedad humana no hacen otra cosa sino intensificar más todavía la disipación.

La segunda ley es, en este sentido, creadora de la vida, porque sólo un mundo rico en procesos disipativos puede sustentar la autoorganización (Hayles 1993: 134). Desde esta perspectiva el surgimiento de las estructuras no es un accidente, sino “una respuesta a la estructura fundamental del universo”, sostienen Prigogine y Stengers (1983).

Una hipótesis fundacional, como la de “orden a partir de caos”, no es refutable. Se la puede evaluar examinando su lógica interna y su utilidad heurística, pero nada más. La energética se apoya en esta hipótesis y en las teorías asociadas (la teoría de sistemas, la teoría del control, la teoría de autopoiesis, la informática). El modelo que elabora Prigogine es el de *sistema disipativo*, que es el sistema termodinámicamente abierto. Gracias a la “disipación controlada” el sistema abierto puede transferir parte de su entropía al medio. Vivir en un medio cuya entropía aumenta exige tomar medidas para asegurar el ingreso. El esfuerzo de contrarrestar las consecuencias de una progresiva disipación tiene su costo. El precio a pagar por el alejamiento del equilibrio es la inestabilidad, el anverso de la complejidad. Cuanto más lejos esté el sistema del equilibrio, más frágil será su situación. Esto se debe a dos factores: la cantidad de energía que maneja el sistema y el “barroquismo” de su administración.⁴ Debido a la creciente cantidad de energía que disipa, requerirá de controles progresivamente más costosos, más complicados, a la larga, menos eficientes. La cantidad de desechos difíciles de manejar aumentará. El consumo acelerado de energía, pues, conduce a la incertidumbre. La inseguridad de los sistemas complejos es muy visible en el caso de los sistemas sociales “avanzados”, los de “alta energía”.⁵

La importancia que tiene la termodinámica de procesos irreversibles para la teoría de sistemas y, por ende, para la teoría evolucionista es fundamental. Un modelo sistémico no puede prescindir de los principios mencionados, el de la maximización del flujo y el de la mínima disipación. Sin embargo, hay problemas para manejar estas

⁴ El “barroquismo” es un rasgo típico del ecosistema maduro, según una expresión de Margalef (1980). Para Borges, el barroco es el destino de todo estilo artístico, de todo arreglo progresivo, pues. La metáfora quiere decir que un sistema maduro alcanza el estado de máxima complejidad compuesto de muchos estados estacionarios posibles.

⁵ En el verano del año 2003 los líderes del Sindicato Mexicano del Petróleo amenazaron con una huelga nacional. Inmediatamente aparecieron en los periódicos cálculos de los analistas, según los cuales los sistemas de transporte, abastecimiento, salud y demás, se paralizarían en pocas horas en el caso del corte de suministro de petróleo. Se dijo que el país tiene reservas de combustible para funcionar durante tres días.

ideas en las ciencias sociales con esta envidiable precisión que caracteriza las ciencias exactas. Esto se debe, tal vez, a la deficiente formación de los investigadores en matemáticas, pero también a la naturaleza de los datos no cuantificables que deben tomarse en cuenta. Después de todo, la evolución es un cambio cualitativo.

Me parece que el principio de maximización del flujo energético es equiparable con el principio de Lotka, y el de la mínima disipación, el principio de Prigogine Waime, *mutis mutandis* corresponde al principio de Zotin. En cuanto a la utilidad de dichas formulaciones en la investigación de los problemas sociales el equipo de Prigogine tiene algunos avances en esta dirección, pero el fundador de la termodinámica de procesos irreversibles no logró convencer ningún grupo de investigadores para aplicar de manera consistente su modelo en sociología. Richard N. Adams en su *energética social* o “termodinámica para la supervivencia” retoma el concepto de estructura disipativa de Prigogine como una metáfora heurística y recurre a las formulaciones de Lotka y Zotin para sustentar sus hipótesis de trabajo. Comentaré estas fórmulas con más detalle en el siguiente capítulo en el apartado 3. Del modelo de Prigogine me parece que es importante retener la idea de estado estacionario, que también discutiré más adelante.

4 *L*a selección termodinámica

La selección natural es un caso especial del proceso de ordenamiento más fundamental, el de la selección termodinámica. El principio de la mínima producción de entropía es aplicable a los sistemas y procesos termodinámicos no aislados y está implícito en las múltiples formulaciones de la segunda ley. Los sistemas autorreproductivos (con programas hereditarios abiertos) se combinan para formar agregados jerárquicos estables, de mínima producción de entropía. La organización, que consiste en procesos informáticos de realimentación, permite controlar la producción de entropía a una determinada tasa mínima. El estado estacionario (de un mínimo de producción de entropía por unidad de estructura) es el estado hacia el cual evolucionan los sistemas abiertos. Se exploran algunas implicaciones de estas ideas en cuanto a su utilidad teórica en las ciencias sociales y las posibilidades de verificación empírica.

4.1 La función reguladora de la selección

Según una definición de Huxley la evolución es "un proceso gradual, medido en etapas de complejidad creciente, que se puede explicar en términos de la *acción ordenadora* de la selección natural sobre las variaciones (genéticas) producidos por pequeños cambios (genéticos) y los fenómenos de recombinación" (Huxley 1942, citado en Mayr 1982). Si en el paréntesis de "genético" colocamos la noción más general, la de *autodescripción del sistema*, obtenemos una definición más incluyente de la evolución. La "acción ordenadora" es la que restringe o promueve las variaciones; aborta las que son inviables y, en ocasiones -muy pocas por cierto-, promueve una nueva organización al permitir incrementos en la estructura. A la larga, estos incrementos hacen surgir una nueva red de intercambios, una red de sistemas inclusivos que forma el ya discutido ambiente benigno (véase el apartado 1.5).

La función reguladora consiste en detonar/inhibir los flujos energéticos. No deja de ser una curiosidad histórica de que fuera Alfred Russell Wallace el primero a quien se le ocurrió una metáfora termodinámica de la selección. En la famosa carta de 1848 a Darwin, en la que resume su idea de la selección natural en pocas palabras, compara la selección con un mecanismo de autorregulación: "La acción de este principio es exactamente igual a la de la máquina de vapor, que registra y corrige cualesquiera irregularidades casi antes de que se hagan manifiestas" (Wallace citado en Bateson 1991: 459).

Los usos de cualquier concepto son siempre metafóricos; pero debe distinguirse entre las metáforas con licencia poética y las metáforas que pueden manejarse bajo

el control. ¿A qué categoría pertenece la metáfora de Wallace? El autor no la desarrolla en detalle, pero si la entendemos en términos de la cibernética, la metáfora de Wallace se refiere precisamente al mecanismo de *control* basado en la realimentación. Wallace utiliza el ejemplo más socorrido, el de la máquina de vapor: cuando la presión en la caldera sube, la válvula gira más aprisa abriendo la salida del vapor; se cierra cuando la presión regresa a su estado normal.

Por burda que parezca, la analogía con un mecanismo cibernético elemental explica un aspecto importante de la selección como agente de autoorganización. Esto es así, porque tanto la selección natural como los procesos tecnológicos tienen un sustrato común, que es la dinámica de flujos energéticos. Darwin construyó su teoría en el lenguaje de las ciencias naturales, pero estaba pensando que “algún día podrá demostrarse que el principio de la vida es parte o consecuencia de alguna ley general” (citado en Hamilton 1977: 290). Darwin, por su cuenta y riesgo, pretendió fundamentar su teoría en la epistemología mecanicista, cosa que se le reprocha hasta hoy a veces con saña, como lo hacen Margulis y Sagan (1996). Darwin entendía la selección natural como un conjunto de causas próximas y su concepto de ley era newtoniano: la ley determina la trayectoria y lo que hay que investigar son las condiciones específicas de cada caso. Sin embargo, el concepto de selección natural es de otro orden; es un concepto fenomenológico, que se refiere a “causas últimas”, en el sentido de causas profundas, idea que Wallace ilustró con su analogía cibernética de autocontrol. Las llamadas causas “últimas” son causas que provee la selección. Se trata de una explicación “de segundo orden”.

4.2 Evolución de sistemas jerárquicos

¿Cuál es la pauta maestra de la evolución? ¿A qué leyes, principios y reglas obedece el aumento en la complejidad y el ordenamiento jerárquico? Si la ciencia pudiera responder estas preguntas, razona Hamilton, sería capaz de crear un modelo general de evolución. La elaboración de un modelo así sería de gran provecho, porque los problemas teóricos de muchas disciplinas podrían resolverse desde la economía de un fondo común. Los antropólogos, por ejemplo, han utilizado el paradigma de evolución por generaciones, observa Adams (2001: 139), pero no identificaron su dinámica elemental, esto es, *el papel de la selección como un proceso energético*, que es de naturaleza estocástica.

En términos generales, la selección natural opera en un sistema más amplio de expansión y construcción, por un lado, y de eliminación, rechazo y destrucción, por el

otro. El problema real reside en los orígenes biológicos del concepto de la selección natural. La idea surgió y ha estado sometida a revisión en relación con la competencia biológica. Su aplicación al proceso sociocultural no puede ser automática. Si se desea utilizarla, debe ser literalmente dilatada o ensanchada, para situarla en el contexto general. ... La sociedad humana está compuesta tanto por formas en equilibrio como por estructuras disipativas humanas y no humanas. Por lo tanto, desde la perspectiva de la selección se debe preguntar acerca de la continuidad y la supervivencia de todo lo que está incorporado a la sociedad, tanto las cosas vivientes como las no vivientes, y no sólo sobre los materiales genéticos. (Adams 2001: 140)

La selección natural es un caso especial del proceso más general, el de la selección termodinámica. La selección favorece los sistemas que minimizan la producción de entropía específica. Esta es la tesis de Hamilton (1977). A partir de la misma el autor elabora un modelo que llama "de apertura/adecuación" [*open-ended model*] para el estudio de la evolución. Me parece que el trabajo de Hamilton ofrece una perspectiva que engloba varias ideas teóricas cardinales que contribuyen al paradigma del sistema complejo. Trataré de resumirlas a continuación.

El principio de Lotka

El principio de Lotka dice: *En todo instante considerado, la selección natural va a operar de tal manera que se incremente la masa total del sistema orgánico, que se incremente la tasa de la circulación de la materia a través del sistema y que se incremente el flujo energético total a través del sistema, en tanto esté disponible un residuo no utilizado de materia y energía* (Lotka 1925: 35).

El principio de Lotka permite manejar la selección natural en términos de la energética ya que coloca el mecanismo de variación bajo la selección natural en el contexto de la segunda ley. Según Odum (1971) el principio de Lotka es ni más ni menos que *el principio organizador* que rige la evolución de sistemas físicos, ecológicos y sociales. Para Hamilton el principio de Lotka es el precursor de la cuarta ley de la termodinámica. Para Adams, es el principio de operación de las estructuras disipativas (Adams 1982: 21).

El principio de Lotka es de extraordinario interés para comprender la evolución exosomática, que es la evolución social.¹ En los organismos el límite de la cantidad de energía que pueda procesar cada uno de ellos individualmente está dado por los

¹ En una de las escasas críticas al enfoque adamsiano que he podido encontrar en la literatura especializada, la de Jonathan Friedman (véase los comentarios de este autor al artículo de Adams en *Current Anthropology* 1981: 22), se afirma que la pertinencia del principio de Lotka en el terreno social queda por demostrar. No sé si el curso de la evolución exosomática de las sociedades humanas sería una prueba suficiente, pero también se puede pedir una demostración de lo contrario: que el principio de Lotka no opere en los sistemas sociales. ¿Por qué estos sistemas deberían ser una excepción?

condicionamientos del estado estacionario. En los sistemas sociales, también. Un sistema complejo mantiene su estructura entrópica constante a través de intercambios con su medio. Estos intercambios están establecidos en su mínimo y máximo y hay una serie de mecanismos homeostáticos (autodescripciones) que se encargan de mantener el estatus entrópico del sistema dentro de estos límites.

Los inhibidores de crecimiento son muchos y variados: la ley del mínimo de Leibig, el límite de rendimientos decrecientes, la relación entre el volumen y la masa, las limitaciones del transporte, la dinámica de las fronteras y las limitaciones propias de la complejidad. Hay inhibidores que incluso programan el envejecimiento y la muerte. ¿Cómo, entonces, la evolución puede incrementar la tasa del flujo de energía, según predice el principio de Lotka? La respuesta es aumentando el consumo exosomático. Es por medio de la inclusión de las estructuras "exitosas", las de la mínima producción de entropía, en sistemas mayores. Las formas energéticas se asocian como "bloques de construcción" (Hamilton 1977), creando así un nuevo ambiente de intercambios energéticos.

El principio de Lotka fue propuesto tempranamente, observa Adams (2001), cuando todavía no se conocía bien la dinámica de procesos irreversibles. Tal vez por eso Lotka tuvo que agregar una segunda parte, la cual necesita muchas explicaciones: "en tanto que se presente un residuo no utilizable de materia y energía".² ¿Qué significa esto? Que el proceso dura mientras dure el subsidio energético, esto es, mientras haya energía disponible. Ahora bien, la ventaja selectiva de integrar más y más flujos de energía representa también un peligro, porque amenaza con el agotamiento prematuro de los recursos. Aquí aparece la paradoja. ¿Evoluciona aquel sistema que consume más energía o el que modera su consumo?

Lotka's assertion that natural selection favors those organisms that maximize the flow of energy through the system has since been modified (even by Lotka himself). It is now acknowledged that maximizing flow-through is a common response in the early stages of an ecological system's development, when there is still an excess of available energy present. However, as various species begin to fill up a given ecological habitat, they are forced to adapt to the ultimate carrying capacity of the environment by using less energy flow-through. The initial phase of maximum flux is generally referred to as the *colonizing phase*, and the latter stage of minimum flow through as the *climactic fase*. (Rifkin y Howard 1980: 54)

² I interpret the "residuo inutilizable" to refer to that which is unusable by the system in question. We produce, for example, a great deal of low grade heat which, theoretically could still be further reduced if we had the technology with which to do it. But since we don't it is no longer available as useful energy to our system. Some other system may well be able to use it. The "residuo inutilizable" refers to quality or grade. In terms of counting, there is still plenty of low grade heat around, but it is inaccessible to our technology (Dr. Adams, comunicación personal).

Efectivamente, Lotka expresó sus dudas al respecto diciendo:

... si consideramos solamente el reino animal, de entrada estaríamos dispuestos a pensar que el efecto cósmico de las disputas por la energía disponible sería el aumento del flujo total de energía, el aumento en la tasa de degradación de la energía recibida del sol. Pero las plantas actúan en la dirección contraria. Incluso entre los animales, la mayor eficiencia en la utilización de la energía, la mejor administración de los recursos y a partir de aquí un agotamiento menos rápido de éstos, debe actuar a favor de las especies de mayor talento para ello. Así pues, están operando dos tendencias opuestas, y resulta difícil ver cómo se puede aplicar algún principio general para determinar el punto preciso en el que se equilibrará el balance (Lotka 1925: 357, citado en Martínez Alier y Schlüpmann 1991: 26).

Lotka dice que desconocemos el principio general de equilibrio entre la eficiencia energética y la necesidad de aumentar el consumo (devida, en última instancia, a la necesidad de contrarrestar el desgaste entrópico). El teorema de la mínima producción de entropía de Prigogine puede verse como el complemento del principio de Lotka, que el mismo Lotka buscaba "para determinar el punto preciso en el que se equilibrará el balance". (Véase el capítulo anterior.)

El principio de Zotin

Lotka afirma que podría haber un equilibrio entre la disipación y la eficiencia, pero que no hay ninguna "ley" que obligue a ello. Zotin propone que el principio de mínima disipación, que se manifiesta en el estado estacionario, es el resultado de fuerzas contrarias: una es la que "busca la tasa mínima de disipación" y otra, la que "maximiza el flujo energético" (Zotin 1972). El balance se consigue manejando las fronteras. Las fronteras se cierran cuando ya no puede aumentar más la tasa de disipación y se abren cuando se encuentra una nueva manera de disipar más energía a tasas aún más altas.

El principio de Zotin a la letra dice: *La claridad y estabilidad de las fronteras de un proceso disipativo varían en relación directa con la tendencia de este proceso a buscar una tasa mínima de disipación, y en relación inversa con su tendencia a maximizar el flujo energético.* (1972, citado en Adams [1988] 2001: 205)

El sistema atrapado entre ambas tendencias encuentra en el estado estacionario la solución temporal y local a la contradicción. La mínima disipación y la maximización del flujo representan aquí extremos teóricos, un sistema real nunca lo alcanza simultáneamente, sino que se ubica en algún punto intermedio. No es posible esperar de un sistema individual a que sea eficiente en el uso de energía a la vez que maximice su capacidad de supervivencia (Schneider y Kay 1994) a toda máquina. El principio de la *mínima producción de entropía* consistente con los constreñimientos externos induce a

los sistemas a mantener la producción de la entropía en una tasa mínima. En otras palabras, los sistemas ceden una parte de su libertad en aras del estado estacionario (del “bien común”, por decirlo coloquialmente), y así se convierten en subsistemas de un arreglo mayor. Este es el contexto en el que se usa el calificativo de “jerárquico”: todo sistema es parte de un sistema mayor. (La observación es importante porque en ciencias sociales la misma palabra tiene fuertes connotaciones ideológicas.)

El principio la mínima producción de entropía no ha sido demostrado de manera rigurosa para todos los procesos irreversibles, pero hay quienes lo toman como la cuarta ley de la termodinámica. Así opina, por ejemplo, el propio A. I. Zotin (1972). Algunos autores hablan de “principio de moderación” como una base para la “convivencia” entre sistemas sociables y competitivos. Hamilton recurre al término “sociabilidad” para describir esta propiedad de los sistemas físicos. Zotin (1972) argumenta que *el principio de moderación*, un término sugerente con el que designó la tasa de la mínima producción de entropía en estado estacionario, podría servir como una ley física para una teoría de la organización o evolución de los sistemas complejos.

El argumento que sustenta la propuesta de Hamilton proviene de la termodinámica de no equilibrio, y se resume así: la producción de entropía es mínima y constante durante el estado estacionario. Este es el *principio de la mínima disipación* de Prigogine-Waime (formulado en 1946) extendido a los procesos irreversibles no lineales (Glansdorf y Prigogine 1972), comentado en el apartado anterior. El teorema dice: “La producción de la entropía es una magnitud no negativa que decrece durante cualquier evolución y que se hace constante y mínima una vez que se ha alcanzado el estado estacionario”. Según Wagensberg (1985) tenemos aquí una ley física para el sistema que se adapta a su entorno. Esa ley permite plantear el mecanismo de la selección en el contexto de los procesos fisicoquímicos elementales, tales como las reacciones autocatalíticas, las células de Bérnard, la reacción Belusov-Zabotynski, los vórtices de los fluidos y un largo etcétera.

Como ya se ha dicho, no todos los físicos están convencidos de que hay pruebas suficientes como para dar por buena la extensión del principio de la mínima producción de entropía hacia los procesos irreversibles no lineales como lo mencionados.³ Pero eso no anula la pregunta de fondo de cómo es posible que los

³ Prigogine proved that S_i [the rate of entropy production resulting from irreversible processes within the system] has a constant, minimum value in the stationary state for system in which the thermodynamic flows and forces are linearly related and the Onsager reciprocal relations, $R_{ik} = R_{ki}$, are hold (Hamilton 1977: 291). Nada más. El éxito de Onsager consiste en encontrar ciertas condiciones especiales *internas*, pero que son tan delicadas y que sólo se mantienen dentro de variación porcentual tan

sistemas físicos puedan evadir el estado caótico definitivo y a qué leyes o condicionamientos se debe esto.

Independientemente de la controversia, lo que importa es que el principio proporciona una buena hipótesis de trabajo. Los procesos irreversibles manifiestan una dinámica en que las fluctuaciones llevan al sistema cada vez más lejos de equilibrio; lo "suben de estatus" termodinámico, por decirlo así. En vez de disiparlo por completo lo ordenan y lo vuelven a ordenar en niveles cada vez más complejos. La hipótesis ofrece un criterio para medir la distancia del equilibrio, que es la cantidad de energía que procesa el sistema por unidad de insumo de materia-energía; esto es, la entropía específica. La teoría predice que estos sistemas evolucionan hacia el estado estacionario, en el que han de *disminuir la cantidad de energía procesada por unidad de insumo*. ¿No es lo mismo que por unidad de *estructura mantenida*?

Me pregunto si la entropía específica, que en sistemas físicos se mide por unidad de masa y temperatura, no podría medirse también por unidad de estructura, por unidad de información (como sugiere la fórmula de Shannon), por unidad de estructura, por hora/hombre, por consumo individual o por cualquier otro indicador parecido. Leslie White ([1954] 1987) sostuvo que la civilización se caracteriza por un constante aumento del consumo de energía medido *per capita*. Medir el consumo de energía por persona es medir la intensidad de la disipación en un sistema social. De ahí a medir la entropía específica de un sistema hay un paso, el de elaborar la fórmula. Las bases teóricas de esta ocurrencia se encuentran en la teoría Hamilton.

El sistema disipativo en estado estacionario sostiene una alta producción de entropía simultáneamente con los bajos valores en la tasa de entropía específica. A esto se resume, creo, el postulado de Hamilton. Un nivel de cierta intensidad en la disipación es necesario para la creación de sistemas de un determinado tamaño y complejidad, pero para que éstos sean viables es necesario que la entropía por unidad de masa se establezca en un "estado de moderación". He aquí la paradoja. El principio de *máxima entropía* (según el cual el estado más probable de un sistema es aquel que maximiza su entropía total, esto es, la interna más la que "transfiere" al medio) y el teorema de *mínima producción de entropía* (según el cual el sistema alcanza el estado de madurez en el estado estacionario de un valor mínimo de la producción de entropía a una tasa específica compatible con las ligaduras impuestas por el entorno)

pequeña, que el estado estacionario de un sistema termodinámico puede darse en forma aproximada y con una duración finita (véase Georgescu-Roegen 1975: 812). Parece que los autores como Prigogine, Hamilton y los demás partidarios de la nueva termodinámica estiraron al máximo el concepto de mínima producción de entropía para aplicarlo a todos los procesos irreversibles y sistemas de no equilibrio.

representan dos tendencias contrarias, me parece. En el esquema de la lógica dialéctica para resolver una contradicción se necesita un elemento mediador. La mediación que se da entre ambas tendencias es la selección. Veamos de cerca el argumento.

Hamilton afirma que el principio de la mínima producción de entropía se refiere a todos los procesos y sistemas termodinámicos y que dicho principio está implícito en la “formulación extendida” de la segunda ley, que suena así: *todo incremento en la tasa de la producción de entropía que puede ocurrir en una o más regiones macroscópicas de un sistema termodinámico aislado tiene que compensarse por el decremento en la tasa de la producción de entropía en alguna parte del sistema*. En otras palabras, en toda región macroscópica de un sistema termodinámico sujeto a constreñimientos externos constantes (aislado, cerrado) la producción específica de entropía, esto es, su producción por unidad de masa o volumen, es cero o positiva y la tasa del tiempo de cambio es cero o negativa.

La segunda ley de la termodinámica tiene varias formulaciones: la clásica, la de la mecánica estadística, la astrofísica de von Helmholtz, la “formulación local” de Prigogine y la “extendida” que por último propone Hamilton. Todas ellas –según nuestro autor– se basan en una asunción axiomática o *a priori* acerca de la naturaleza del universo, a saber, que los procesos irreversibles conducen a la destrucción y, simultáneamente, a la creación de estructuras energéticas. Quiere decir que los procesos irreversibles no son perfectamente entrópicos; esto es, en el régimen lejos de equilibrio producen no sólo la entropía, sino también un “orden residual” como subproducto, o pequeñas “islas de orden”, según una expresión de Boulding (1968), las que se sostienen a flote en el océano del caos que predomina.

Así como el *demonio de Maxwell* no puede ordenar un sistema desordenado sin gastar energía para obtener información necesaria, de la misma manera no es posible que un sistema ordenado degenera espontáneamente en un sistema desordenado sin crear en el proceso a un auténtico demonio maxwelliano, esto es, una estructura ordenada discriminatoria en alguna parte del sistema. No se puede obtener información sin disipar la energía libre, pero lo contrario también es cierto: la energía no puede disiparse sin producir alguna cantidad finita de información en forma de una estructura física ordenada, como una especie de producto colateral del mismo proceso de disipación. Los procesos de ordenamiento y las estructuras jerárquicas resultantes son arreglos que permiten minimizar la producción de entropía por unidad de masa-energía procesada. Esta es la condición para el acoplamiento entre sistemas, que se efectúa mediante el proceso de la selección. Este es el lenguaje que emplean los físicos para darse a entender a los profanos; llama la atención el uso de los conceptos pertenecientes

al ámbito de lo social, económico y religioso. El término “demonio de Maxwell” (véase el Glosario), por ejemplo, es una metáfora con licencia. En física la argumentación tiene que desarrollarse con métodos cuantitativos; sin embargo, para explicar los alcances de sus hallazgos los físicos suelen recurrir a las “metáforas heurísticas” comprensibles para todos.

El principio de selección termodinámica que propone Hamilton opera sobre conjuntos de formas energéticas que tienen incorporado al demonio maxwelliano, que es una “estructura discriminatoria” (que clasifica los flujos al distinguir entre la entropía baja y la alta). El proceso mediante el que se crean los sistemas organizados y estables puede explicarse, según el autor, en términos de una teoría general de las afinidades entre elementos⁴ y su contraparte fenomenológica derivada del principio de la producción mínima de entropía (1977: 299).⁵

En la teoría cuántica se habla de afinidades químicas y de la formación de moléculas o sistemas estables de “orden inclusivo” (1977: 230). Si se formulan estas ideas en los términos generales, tan generales como la termodinámica lo permite, entonces son aplicables a entidades macrofísicas sin importar el grado de complejidad y el nivel de integración que tomemos en consideración. En un sistema termodinámico *aislado* las interacciones entre los elementos conducen al estado de equilibrio caracterizado por cero producción de entropía, mínimo de energía libre y entropía máxima. El decremento de la producción de entropía es inerte y *no reactivo*. En un sistema termodinámico *no aislado* (esto es, abierto al flujo de energía y cerrado o no al

⁴ Adams (2001: 113) cuestiona el concepto de “afinidades” inspirado en “fuerzas externas” en estas palabras. “Proponer atracciones o fuerzas externas sería tanto como afirmar la existencia independiente del “éter”, del “flogisto”, del demonio de Maxwell o del magnetismo. Si alguna existencia tienen esas fuerzas -como muchos sostendrían en el caso del magnetismo-, la tienen en tanto están incorporadas como características o propiedades en alguna forma energética. Pero, puesto que la idea de las atracciones incorpóreas está firmemente inscrita en todas las áreas de nuestro pensamiento, no me hago ilusiones de que vaya a desaparecer en el corto plazo. A pesar de ello, me permito aventurar que, con fines explicativos, resulta más provechoso buscar “fuerzas” en el marco de las relaciones intrínsecas a las partes existentes de un sistema, que introducirlas, *deus ex machina*, como un tercer factor que no guarda relación con las partes energéticamente identificables. No hay necesidad de proponer fuerzas o atracciones especiales -sean éstas “principios de selección termodinámica”, “negentropía” o “regresiones de fuerza cósmica”- para explicar el proceso de construcción. No obstante, su análisis [el de Hamilton] es interesante porque sugiere que un resultado de la jerarquización es que las entidades situadas en los niveles más bajos logran una producción mínima de entropía al convertirse en componentes de complejos más amplios.”

⁵ Debe advertirse que el modelo fenomenológico de Hamilton no está formulado en términos de causas próximas. La palabra “fenomenológico” se refiere aquí a lo observable y lo experimental, pero en la medida en que propone una explicación termodinámica, esto es, prescindiendo de la composición concreta de los objetos observables, es una explicación de segundo orden (la que se llama “basada en la selección”), que indica la presencia de causas profundas.

flujo de materia), de acuerdo con el principio de la producción mínima de entropía, las interacciones llevan a un estado estacionario caracterizado por una mínima tasa de producción de entropía y la máxima energía libre. Cuando determinadas condiciones de frontera impiden que el sistema alcance el equilibrio el sistema se instala en el estado de mínima disipación. Estas condiciones de frontera en la teoría de Hamilton las impone el sistema mayor incluyente.

En otras palabras, un sistema se estabiliza en un nivel de mínima disipación cuando las circunstancias lo obligan a ello. Los sistemas "se moderan", esto es, logran una tasa de producción mínima de entropía específica, *al convertirse en componentes de complejos más amplios* (1977: 330). A partir de esta idea el autor desarrolla una explicación de cómo evolucionan los sistemas jerárquicos. Generalmente la teoría evolucionista se preocupa por los desarrollos que se dan en un determinado nivel de integración (los genes, el organismo, la población, la especie, la sociedad) y no se preocupa por el ambiente que hace posible la evolución ni por la emergencia de nuevos niveles jerárquicos. Esta deficiencia es la que el autor pretende subsanar. (En el apartado sobre la cultura como ambiente benigno he tratado de aplicar la idea.) La evolución se define como la creación espontánea de estructuras ordenadas, a través de sucesión de etapas de estados estables de un mínimo de producción de entropía por unidad de estructura.

Hamilton lo explica así. En la medida en que los sistemas se reproducen y proliferan, surge un proceso de competencia por los elementos de construcción disponibles en el medio. ¿Qué determina la frecuencia relativa de sistemas o su densidad de población? La densidad puede ser computada si tenemos suficiente conocimiento de los microestados, pero también se necesita conocer los criterios de la selección y estos criterios son los que suministra la termodinámica. La probabilidad de formación de un sistema particular a partir de elementos disponibles en el medio es resultado de la disminución en la producción de entropía por unidad de masa del sistema total.

La formación de asociaciones estables depende de más y más disipación de energía y de la concomitante producción de entropía, porque si el procesamiento de energía decrece, también disminuye la capacidad de formar sistemas nuevos. La creación de estructuras y la producción de entropía son procesos contingentes. En la medida en que desaparece el excedente en el subsidio energético la producción de entropía específica decrece y se estabiliza.

Sistemas dinámicos

Hay elementos que son inertes (metaestables) en el estado libre; estos son "productos singulares" de los procesos de la selección termodinámica. El ejemplo que suele dar Prigogine es el de los cristales. Los cristales no son inmunes a la degradación entrópica (ni siquiera los diamantes son eternos), sino que su producción de entropía no es interactiva. Sus estructuras cerradas y en equilibrio las previenen de la disipación inmediata cuando el ambiente es benigno, de modo que pueden servir como bloques de construcción inertes en la creación de sistemas y contribuir así al futuro decrecimiento de la producción de entropía total del sistema que los asume como partes. Por contraste, los sistemas abiertos se desenvuelven disponiendo de un constante insumo energético. Esto sí que es el ambiente benigno por excelencia, el que suministra bloques de construcción activos. Cuando pasan a ser parte de un sistema mayor se estacionan en un nivel de la producción de entropía llamado estado estacionario. Esta diferenciación entre las estructuras cerradas y abiertas, entre los bloques de construcción metaestables y los que son activos, es la que establece Prigogine entre "estructuras de equilibrio" y "estructuras disipativas".

Los sistemas complejos se componen de ambos tipos de estructura. Por ejemplo, un vehículo que se desplaza (realiza el trabajo mecánico) gracias a su estructura disipativa (quema controlada de combustible) consta también de componentes metaestables (chasis, carrocería, motor); el chofer es otra estructura disipativa y su papel específico consiste en procesar la información, una función que también puede desempeñar otro tipo de sistema de control, por ejemplo el piloto automático. El ejemplo sugiere cómo la idea de sistemas disipativos complejos y el modelo de *trigger/flow*, es aplicable también a los "vehículos de supervivencia" sociales.

El siguiente paso en el razonamiento de Hamilton consiste en demostrar por qué los sistemas autorreproductivos emergen en el proceso de selección termodinámica, o sea, dar la razón por la cual se forman los sistemas físicos "sociables". La autorreproducción se basa en la transmisión hereditaria de la información a las unidades hijas. Las estructuras metaestables (un cristal, una casa, un libro) carecen de una dinámica autorreproductiva propia; para reproducirse dependen por completo del ambiente. Las formas disipativas complejas, en cambio, retienen la información en su estructura a través del proceso de autorreproducción.

Una vez más, hay que advertir que Hamilton busca la explicación en el nivel especulativo o como él dice, en el aspecto fenomenológico, no en las causas próximas (véase la nota 5). La transmisión hereditaria abierta es una contraparte de las

transformaciones energéticas de las que dependen las estructuras disipativas complejas. La energía fluye espontáneamente y sólo se la puede “retener” en estructuras a su vez fluidas, que se las arreglan como estructuras hereditarias abiertas. La transferencia de un elemento de estado libre a un estado ligado está acompañada por la disminución de la producción de entropía específica de este elemento. La autorreproducción es un mecanismo que propicia el ordenamiento de los elementos: el decrecimiento de la producción de entropía y de la disipación de energía en un sistema termodinámico no aislado sólo se consigue en estructuras ordenadas, copiadas y vueltas a copiar en un proceso de selección en el que la más pequeña mejora para tal efecto se aprovecha de inmediato (Dennet 1999).

El principio de la selección termodinámica asegura que una variante de sistema creado espontáneamente que muestra la producción de entropía específica más baja tendrá una mayor frecuencia de ocurrir entre la población total de tales sistemas (1977: 307). Esto es así porque la selección favorece las formas autorreproductivas con mayor potencial para reducir (en término medio) la producción de entropía específica. Esta es la respuesta a la pregunta sobre la densidad de población, formulada anteriormente. El razonamiento será de utilidad en la construcción de un modelo demográfico (véase el capítulo 6).

Para que un sistema evolucione debe contar con un mecanismo de reproducción/variación. El proceso de transmisión de la herencia (biológica, fisiológica, conductual, social, cultural, la que sea) no consiste en copiar tal cual la estructura, sino en transferir una serie de instrucciones para formar de nuevo dicha estructura. No se aplica un molde, como en la fabricación de tabiques, sino que se transfiere un plano del conjunto, un mapa. Así, la herencia biológica no consiste en transmitir el fenotipo, sino el genotipo; el fenotipo muere, el genotipo se propaga. De igual modo cuando se transmite el pensamiento no se transmiten las neuronas que lo sostienen. Son las ideas las que se propagan.

En la transmisión hereditaria se cometen errores. Eso permite la “apertura” del proceso hacia las novedades evolutivas. El “libro de la vida”, como suele llamarse los materiales genéticos, no es de lectura unilateral, sino que se parece más bien a un programa interactivo, abierto a errores y correcciones. La metáfora del mapa ayuda a entender la cuestión de la herencia. El mapa no reproduce todos los detalles del territorio y no porque en tal caso el mapa sería el territorio, sino porque tal caso es

materialmente imposible.⁶ Fabricar un territorio exactamente igual exigiría gastar toda la energía del mundo. El mapa, como cualquier otro dispositivo *que permite la interacción entre el ser humano y su medio*, es un modelo; un modelo en miniatura de ciertos aspectos importantes del sistema que regula. No de todos sus aspectos. El símil del mapa viene al caso por "la economía" de los modelos explicativos: las aproximaciones analíticas condensan las características del sistema que describen, dependiendo su precisión de la escala, entre otras cosas. De ahí que Leslie White pudo decir que la ciencia es "una descripción condensada" de la realidad (1974: 25).

La transmisión social es muy diferente de la genética, depende de una multitud de códigos bastante imprecisos, si los comparamos con los genéticos, los fisiológicos o los cibernéticos. Se da de una generación a otra (verticalmente) y también de un grupo a otro de manera horizontal; se da en un ambiente de reglas culturales que surgen sobre la marcha, que no se imponen de manera inflexible. Aun con tantas diferencias hay ciertos elementos compartidos: desde los procesos autocatalíticos de las primeras moléculas autorreplicantes, pasando por codificadores genéticos, fisiológicos, conductuales, hasta los simbólicos, todos ellos son sistemas disipativos que obedecen al imperativo lotkiano de la evolución, el de integrar cada vez más energía e información a sus ciclos. La evolución consiste en una lucha sin tregua, en formas constantemente renovadas, por la energía disponible.

Hamilton visualiza la evolución como el proceso de surgimiento de sistemas de orden superior (en el sentido de que estos están compuestos de más subsistemas y están mejor estructurados), regido por la selección termodinámica que opera en distintos niveles de organización y a distintas escalas de tiempo y espacio (1977: 313). El proceso evolutivo fundamental se repite en la medida en que una u otra especie de sistemas en cada nivel adquiere el atributo indispensable para servir como bloque de construcción en la creación de un sistema de nivel más alto (1977: 317). De este modo se crean sistemas de "estabilidad estratificada", cuya característica es la disminución de la producción de entropía específica en un nivel mínimo, el del estado estacionario, en el sistema termodinámico no aislado, con el código

⁶ Esto es así, porque una réplica idéntica de un sistema cualquiera es imposible. La segunda ley lo prohíbe. Piénsese en el gasto de energía necesario para producir una copia idéntica, átomo por átomo, molécula por molécula, de un sistema orgánico, por ejemplo. Se necesitaría una cantidad infinita de información para contrarrestar todos los accidentes de su historia. Sería un gasto que, de poder ser erogado, provocaría un desorden descomunal. Los "bloques de construcción" de los que habla Hamilton, que son la materia prima para la selección, no se forman mediante un copiado puntual, sino mediante la transmisión de instrucciones de cómo formar una réplica. Para reconstruir todas las relaciones entre los elementos del sistema y para reconstruir la evolución de dichas relaciones habría que eliminar el azar, una empresa francamente imposible.

hereditario abierto. Estos son sistemas reproductivos que proliferan y cuando llenan el espacio compiten por los recursos. La evolución conduce a incrementar al máximo el flujo energético a través de la biosfera. La incorporación de elementos al sistema atorreproductivo contribuye a la disminución de la producción de entropía en lo individual y al aumento de la disipación de energía en general. La constitución de energía libre en tales sistemas de estado estacionario se logra en muchos pasos microcuánticos y en relativamente pocos avances en la organización de la jerarquía (1977: 318).

En resumen, toda entidad evolutiva, ya sea de naturaleza fisicoquímica, biológica, económica, social, psicológica o de cualquier otra índole, sólo puede mantener y reproducir sus complejidades en un medio cuya entropía crece. La segunda ley es el garante más seguro de que el ambiente nunca permanecerá igual. La energía se distribuye aleatoriamente pero en un sistema aislado conduce al equilibrio debido a los procesos estocásticos de selección. En el régimen de no equilibrio, en cambio, es algo más que "altamente probable", que surjan estructuras dinámicas adaptativas. En un medio que cambia unidireccionalmente el sistema que tiene ventaja selectiva sobre otros sistemas competitivos/cooperativos es aquel que sea capaz de incorporar más energía a sus ciclos. La termodinámica de los procesos irreversibles complementa el principio de Lotka con el concepto de estado estacionario. El estado estacionario es un resultado estocástico de la interacción entre distintos factores y diferentes ciclos de los flujos energéticos.

El estado estacionario

Como ya se ha dicho, la evolución de un sistema está acotada por dos tendencias contradictorias, la de maximizar el flujo (principio de Lotka) y la de minimizar la entropía (el principio de Zotin). Los dos producen una pauta básica que "comprende una fase inicial de rápida expansión, seguida de un período más o menos largo de estabilidad relativa y de algún episodio final" (Lincoln y otros 1995: 176). El fundamento teórico de dicho patrón está, como sostiene Hamilton, en la selección termodinámica. Esta pauta básica de la evolución se encuentra en el nivel de las reacciones autocatalíticas,⁷ la fisiología de sistemas orgánicos,⁸ el funcionamiento de

⁷ La más famosa y mejor estudiada es la reacción Belusov-Zabotynski, descrita por químicos rusos en 1964, citada en Prigogine y otros 1977.

⁸ El estudio del desarrollo embrional de Trishner (en Prigogine 1977) demuestra que la tasa de producción de entropía es mínima cuando se la computa sin tomar en cuenta el ambiente.

artefactos tecnológicos,⁹ el desempeño de una economía,¹⁰ la dinámica del crecimiento/ desarrollo,¹¹ las etapas de sucesión en ecosistemas¹² y los procesos sociales.¹³ Una muestra selectiva de dicho patrón está en la gráfica 8 de *Energy and Structure* de Adams ([1975] 1983: 149), que reproduzco aquí en la página siguiente (véase la figura 1).

La pauta evolutiva de estado estacionario se explica por la acción ordenadora de la selección, según el argumento desarrollado más arriba. Los sistemas de estado estacionario están controlados genéticamente, homeostáticamente, cibernéticamente, conductualmente, socialmente:

... la creciente ventaja del control biológico conductual [y el social, en su caso] de un sistema dentro de los límites fisicoquímicos, en la medida en que más y más materia incorpora, indica la tendencia de la sucesión hacia una mayor estructuración y una más alta eficiencia en el uso de la energía disponible. ... La productividad neta tiende a cero debido al costo energético del mantenimiento de esa estructura (Blackaburn 1973).

El contexto de la termodinámica el concepto de estado estacionario en su sentido estricto sólo se puede utilizar en relación con la hipótesis del *equilibrio local*. Si bien el desarrollo de esta hipótesis queda por concluir, la problemática ha interesado no sólo a los físicos y químicos, sino también a los biólogos, los economistas, los antropólogos, los arqueólogos y otros científicos sociales en cuanto la potencial explicativo del estado estacionario.

⁹ La luz coherente del rayo laser (Haken 1974, en Prigogine 1977).

¹⁰ Georgescu-Roegen 1992 sobre la formación de precios en un sistema económico.

¹¹ La hipótesis de "equilibrios interrumpidos" [*punctuated equilibria*] de Gould (1985) tiene de fondo a este tipo de patrón. El crecimiento lleva al estado estacionario, el desarrollo irrumpe y coloca al sistema en una nueva etapa evolutiva.

¹² Estudiada desde la perspectiva de flujos energéticos por Margalef (1968).

¹³ Adams (2001: 64) comenta al respecto lo siguiente. "Prigogine ha restringido la aplicación del término *estructura disipativa* a cierto tipo de estructuras fisicoquímicas que se desempeñan de maneras determinadas. Al hacer una revisión de este material, Lamprecht propone que este empleo más limitado del término incluya, entre los sistemas físicos, el fenómeno de Benard, las estructuras de los polímeros (1978: 267-269); entre los sistemas químicos, la reacción de Belousov-Zhabotinsky (1978: 269-273)" En el caso de los sistemas biológicos las estructuras disipativas "se pueden observar en diferentes niveles de complejidad; (1) en el nivel molecular: las oscilaciones que se verifican en las concentraciones de sustancias en reacciones catalizadas por enzimas; (2) en el nivel celular: las oscilaciones en forma de inducción y represión, tal como han sido descritas por Jacob y Monod; (3) en el nivel supracelular: los ritmos circadianos de todo el organismo; (4) en el nivel de las poblaciones: las oscilaciones en el número de los individuos en los sistemas de depredador-presa" (1978: 273-276).

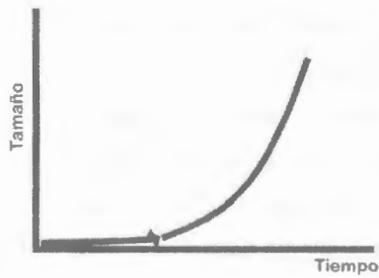
Este es un punto de controversia.¹⁴ ¿Es lo mismo el período de estabilidad relativa que se observa en ciertas etapas de desarrollo social que el estado estacionario de los sistemas disipativos de Onsager, Prigogine, Hamilton? Un libro de Adams titulado *Paradoxical Harvest* (1982) está dedicado a dilucidar el papel del estado estacionario en los sistemas disipativos sociales. Georgescu-Roegen afirma que invocar el principio de Prigogine en apoyo al estado estacionario de una sociedad es una “trampa lógica” (1975: 813, véase la nota 6 en el presente capítulo). A la misma conclusión parece llegar Adams: la hipótesis de estado estacionario para las sociedades humanas es una “hipótesis muy pobre” (1975). “La diferencia entre los sistemas disipativos descritos por Prigogine y los sistemas disipativos sociales, es que estos últimos no muestran nada inherente a su estructura que las obligaría a permanecer en el estado estacionario” (1982). “No conozco argumento alguno que permita suponer que las sociedades están programadas para la mínima disipación” (1988). En muchos otros lugares, sin embargo, el autor sugiere que el concepto se puede utilizar, “pero con cuidado” (véase el Glosario: *estado estacionario*).

Ahora bien, si se acepta la metáfora heurística de la estructura disipativa como válida para la sociedad, debe también aceptarse el estado estacionario, porque este último es su característica definitoria. ¿Cómo entender la afirmación de que la sociedad, siendo un ensamble de formas energéticas, no muestra “nada inherente a su estructura” para lograr el estado estacionario? Efectivamente, no hay nada inherente en la estructura interna de un sistema, no sólo de un sistema social, sino de todo sistema disipativo, que lo obligue a moderar su consumo. Es el medio que lo obliga a tal comportamiento. Veamos.

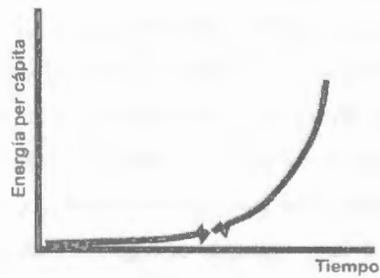
El concepto de estado estacionario en la versión extendida de Hamilton se entiende como un resultado estocástico de la selección termodinámica dándose como *un balance entre cantidad de energía procesada y la cantidad de estructura mantenida*. La tasa mínima de disipación del estado estacionario corresponde a las condiciones del contorno. En los sistemas aislados los constreñimientos son constantes, en los sistemas abiertos, fluctuantes. Los sistemas energéticos, que son expansivos por naturaleza, sólo se moderan cuando las condiciones externas los obligan a ello; de acuerdo con Hamilton, “cuando pasan a formar parte de un sistema jerárquico superior”. Los sistemas evolucionados complejos, tales como los organismos biológicos, cuentan con controles

¹⁴ En los años setenta se dio una prolífica discusión sobre los límites de crecimiento reflejada en los informes del Club de Roma. Los argumentos en pro y contra los resume Georgescu-Roegen (1975). Una economía de estado estable fue propuesta como salvación ecológica por su discípulo Daly (1973). Hay también exponentes mexicanos de esta tesis, como el doctor Eduardo Cesarman (1982).

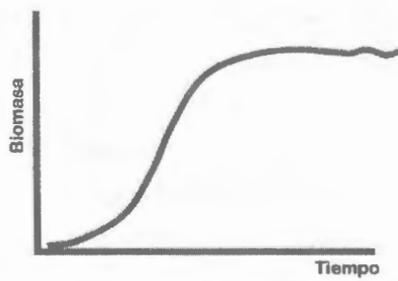
Figura 1: Estados estacionarios a elegir



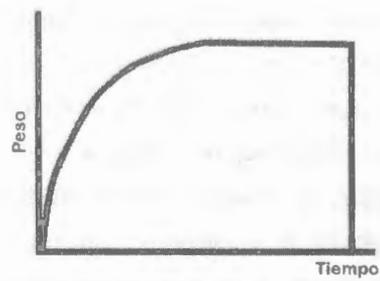
a) población humana



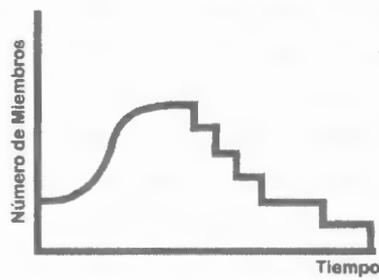
b) cultura humana



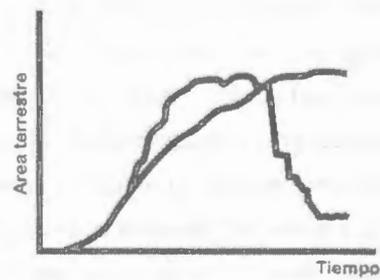
c) un ecosistema



d) una vida humana



e) biomasa de una unidad doméstica



f) imperios

Fuente: Adams [1975] 1983: 149



internos muy elaborados, pero esto se debe a un largo proceso de interiorización de las condiciones del contorno. Para que una estructura "aprenda" a mantenerse en estado de moderación se necesita, aparte de la energía, el tiempo. Tiene que correr mucha agua bajo los puentes de la evolución para que un sistema se comporte de manera decente, si se me permite la expresión. Los sistemas evolutivos tan recientes como lo son las sociedades humanas son sistemas inexpertos. Cuentan con capacidades de organizarse y reorganizarse asombrosas y logran evadir controles locales de muchas maneras. Siendo un ensamble de formas energéticas desmontable, la sociedad se adapta al medio redefiniendo su estructura y sus fronteras con más facilidad que los sistemas biológicos.

En antropología hay un consenso de que las sociedades que vivían en un estado "cuasi estable fluctuante" fueron los cazadores recolectores de la "prístina sociedad opulenta" de Marshall Sahlins (1977). Podrían citarse otros casos, como el de "despotismo oriental" de Karl Wittfogel, un arreglo social que duraba milenios sin un cambio sustancial notorio. Las sociedades de horticultores de Amazonas o las sociedades de campesinos, conocidas por los antropólogos en muchas partes del mundo, también vienen al caso. Todos estos ejemplos tienen en común el hecho de que tales sociedades permanecían en el "estado de virtud", de armonía con su medio, al menos en alguna etapa significativa de su existencia. Los controles de tal estado eran externos y consistían básicamente en la disponibilidad de los recursos y, más específicamente, en los controles demográficos naturales. Ahora bien, estas sociedades tampoco eran o son inmunes al cambio. El estado estacionario es propio de una fase de la evolución, pero debido la fluctuación constante de todo proceso energético está sujeto a perturbaciones. Es así como se suceden etapas de *crecimiento* y de *desarrollo*. El estado estacionario está implícito en la primera de estas etapas, el desarrollo es una fase inducida. Me explico a continuación.

El estado estacionario es el más severo límite del crecimiento. ¿Cómo es posible, entonces, el cambio evolutivo? Hamilton sostiene que estos estados tienen la ventaja de proporcionar sistemas maduros como materia prima a la selección, en el sentido en que sirven como bloques de construcción para la estructura mayor ("mayor" se refiere al consumo energético).

Zotín distingue dos fases del proceso a través del cual se consigue la tasa mínima de disipación y la máxima entropía. La primera, la *fase constitutiva*, describe el funcionamiento del proceso termodinámico mediante el cual el organismo se aproxima al estado de la tasa mínima de producción de entropía, esto es, al estado estacionario. La segunda, la *fase inducida*, se refiere al retorno hacia la ruta constitu-

tiva original una vez que ha ocurrido una “desviación adaptativa” respecto de ella. La fase inducida significa un aumento significativo en el consumo energético. Las figuras que aparecen repetidamente en sus trabajos (1972, 1978) son las curvas sigmoides del patrón evolutivo descrito más arriba (véase la figura 1). Con ellas se ilustra cómo los sistemas vivos alcanzan el estado estacionario de la fase constitutiva. Como otro ejemplo el autor describe el patrón de regeneración de organismos dañados por heridas, tumores malignos y otros impactos que destruyen los tejidos (Zotin 1972: 21-25, citado en Adams 2001). El daño es seguido por un acentuado aumento en la disipación en la medida en que el organismo se regenera, para retornar luego al patrón general que su programa genético establece de antemano.

Un patrón similar, el del aumento y la estabilización (de la disipación), se manifiesta en ecosistemas sometidos a la explotación. El cultivo de las plantas domesticadas reduce constantemente la biomasa y la biodiversidad y como consecuencia el sistema está obligado a aumentar su ritmo de disipación, lo cual explica su productividad. Al igual que un organismo dañado, el ecosistema procede a regenerarse, reconstruye gradualmente su biomasa y regresa a un estado estacionario ajustado a la cantidad de energía disponible (Margalef 1968: 16).

De la misma manera reaccionan las sociedades después de sufrir algún tipo de escasez. Las sociedades, siendo un ensamble de formas energéticas heterogéneas, pueden disgregarse y reorganizarse; un organismo o un sistema biológico cualquiera, no puede hacerlo porque tiene definidas sus fronteras con mucha precisión. Esto no impide que se den hitos evolutivos en los que surgen nuevas configuraciones por medio de la simbiosis que conducen a un mayor intercambio energético entre los sistemas y su medio. En esto las sociedades humanas disponen de ventajas notables, debido a su facilidad de incluir nuevas formas energéticas. Esta capacidad es una auténtica novedad en la evolución de la biosfera. Por ahora la capacidad de evadir los controles ecológicos locales hace que el consumo energético de las sociedades industrializadas y el consecuente crecimiento exponencial de la población mundial no muestre ningún tipo de estado estacionario. Las sociedades de “alta energía” están en la fase inducida. La fase inducida, *bifurcación* en términos de Prigogine (1977), dispara al sistema hacia otro nivel de consumo energético.

Hay muchas clases de “desviación adaptativa”. Para el feto el nacimiento viene a ser un rompimiento de los límites que corresponden al tamaño de su mundo. La eclosión es un acontecimiento que forma parte de la evolución como un trauma, una fluctuación que ha cancelado un estado estacionario y colocó al sistema

literalmente en el otro mundo. Después del nacimiento una mayor disponibilidad de oxígeno y un aumento en los intercambios energéticos con el medio, vía alimentación, hace que el flujo de energía aumente significativamente, hasta estabilizarse de nuevo en el nivel de organismo adulto. En el siguiente nivel, los límites del crecimiento somático individual se superan mediante la sociabilidad de los individuos. Los controles conductuales se combinan con los biológicos para permitir un mayor consumo energético y reiniciar el camino hacia un nuevo estado estacionario, esta vez marcado por las componendas sociales.

La adopción de las herramientas por parte de los homínidos es otro ejemplo de una desviación adaptativa. Su desarrollo hizo posible la inclusión de nuevas formas energéticas en los arreglos de la sociedad: el fuego, la caza con el arco y flecha, la división del trabajo, el molino de viento, el velero y otros inventos permitían un procesamiento mayor de insumos. En esta misma línea de argumentación podemos describir la domesticación de plantas y animales como coevolución de varios sistemas reproductivos, la civilización como domesticación de la mano de obra y la industrialización como el inicio de la domesticación de la humanidad por las máquinas. La evolución promueve procesos que acaparan más energía y procesan más información. La inducción a un mayor consumo energético es el *modus operandi* de la selección termodinámica.

El "mecanismo de inducción" postulado por Zotin como una desviación adaptativa se ve operar en la integración de flujos energéticos nuevos en los sistemas sociales tecnológicamente "rezagados". Por ejemplo, si en una región aislada se introducen caminos de autotransporte, el sistema tradicional sufrirá un trauma energético. La disparidad entre los viejos y los nuevos insumos alterará las fronteras del sistema y acelerará la productividad, esto es, la producción medida *per capita*. El discurso oficial habla en este caso de "desarrollo". La pregunta es si este trauma adaptativo conduce a algún estado estacionario y la tan discutida hoy día sustentabilidad.

Retomaré estas ideas al interpretar los hechos descritos en la parte etnográfica del presente trabajo. En ciertas condiciones es posible hablar del estado estacionario de una sociedad y describir los mecanismos específicos con los que ésta cuenta para sostenerlo. Hay varios ejemplos de esto en la literatura etnográfica y entre ellos el más citado es el estudio de Roy Rappaport sobre los tsembaga maring. Sin embargo, estas mismas sociedades tan virtuosas ecológicamente hablando no resisten el contacto con la civilización de la máquina. Hablar en estos casos del "desarrollo sustentable" o de "equilibrio dinámico" es una falacia. Dedicaré el capítulo 6 para dilucidar la relación que tiene el estado estacionario con la eficiencia entrópica.

La energía se desparrama en pos del equilibrio llenando todo el espacio disponible. Una mayor disipación significa más desorden, pero en los espacios creados por la evolución significa también más posibilidades de crear sistemas nuevos, de mayor complejidad. La cultura como una nueva fase de la evolución multiplica las variantes de las formas energéticas. El fuego, el viento, las plantas, los animales, el trabajo de las masas humanas, el uso de los combustibles fósiles, el de la energía atómica y de otras fuentes "alternativas", son combinaciones originales e imprevisibles de flujos energéticos puestos a trabajar en conjunto en un ambiente nuevo. Las sociedades son ensambles de sistemas disipativos de diferente tamaño y complejidad, siendo el todo demasiado heterogéneo y opaco para un observador que trata de hacerse una idea aproximada de la totalidad. Por demás, las sociedades se definen a sí mismas en términos que poco tienen que ver con su naturaleza energética, como si no tuvieran interés en el asunto o como si tuvieran algo que ocultarse a sí mismas.¹⁵ El uso de los conceptos termodinámicos en la energética social se justifica de sobra por su valor heurístico, por las preguntas que formula. Aún cuando el manejo de los conceptos como el del sistema disipativo, el estado estacionario y los demás no puede ser tan preciso como lo es en la física, permite explicar de manera bastante exacta el funcionamiento de las sociedades humanas.

4.3 Los sistemas complejos

Los sistemas termodinámicamente abiertos son aquellos a través de los cuales fluye la energía ordenadamente o, mejor dicho, ellos mismos constituyen el flujo energético estructurado o "controlado". Ordenadamente quiere decir "de tal manera que todo el proceso se repite". Prigogine bautizó los sistemas físicos abiertos con el nombre de *disipativos* porque vio la necesidad de vincularlos directamente con la segunda ley. Un sistema disipativo es aquel que requiere de un constante insumo de energía e información para perpetuarse.

¿Es la sociedad humana una estructura disipativa? Aceptemos, como mínimo, que está compuesta por estructuras disipativas y que es posible verla como un conglomerado de sistemas termodinámicamente abiertos.

¹⁵ ¿Es la cultura una mistificación de la cruda realidad? El problema —contesta Sherry Ortner— no es que el sistema mienta acerca de alguna "realidad", el problema consiste en averiguar por qué el sistema en conjunto tiene esta configuración, y por qué y cómo excluye posibles configuraciones alternativas. (1984, véase el apartado *Cómo el sistema da forma a la práctica*.)

Los sistemas complejos pueden ser de distinta índole (físicoquímicos, biológicos, sociales), contener partes de diferentes propiedades (plantas, animales, seres humanos, máquinas), o ser únicos en su género (virus, cyborgs), pero en cierto nivel de abstracción comparten características comunes. La interacción entre las partes, la dinámica no lineal, la sensibilidad a las condiciones iniciales, la realimentación, la autopoiesis, la dinámica de fronteras y las limitaciones relacionadas con el tamaño y volumen son los rasgos típicos de estos sistemas. Fritjof Capra enumera estas características como sigue: debe darse el flujo continuo de materia y energía a través del sistema, debe aparecer el estado estacionario lejos del equilibrio, deben aparecer nuevos patrones de orden; el papel central de los bucles de realimentación y la descripción matemática en términos de ecuaciones no lineales sirven para comprender mejor estos sistemas ([1996] 1998: 103). En lo que sigue describiré dichos rasgos tomando en cuenta su utilidad en el estudio de sistemas sociales. La autosemejanza de los sistemas disipativos en diferentes niveles o escalas, hace de los “niveles de integración” (véase el capítulo 2) una herramienta muy útil en el estudio de la complejidad.

Interacción entre las partes

La interacción entre las partes del sistema es resultado de la interconectividad generalizada: las partes “se comunican” o interactúan de manera simultánea y extensiva debido a que intercambian la energía. Las propiedades termodinámicas (temperatura, presión, masa crítica) son términos estadísticos que representan las acciones de millones de partículas, y que en conjunto dan un determinado efecto, el cual suele calificarse como la característica emergente. A partir de las interacciones locales surgen propiedades globales. De una simplicidad profunda surge la complejidad superficial, como dice Gell-Mann (citado en Gleick 1994).

El concepto de sistema termodinámico encierra una paradoja, la *paradoja de la irreversibilidad*. En un nivel de descripción, el micro, tenemos el comportamiento azaroso; en el nivel macro, el comportamiento es coordinado. En ciertas condiciones críticas (de temperatura, por ejemplo), las pequeñas fluctuaciones locales se propagan instantáneamente por todo el sistema y la inestabilidad resultante lleva al punto de bifurcación, a partir del cual se da la reorganización en otra escala. En física se le llama a este fenómeno “transición de fase” o también “cambio de estado”.

Es interesante observar que para explicar el fenómeno a los legos, los físicos suelen buscar ejemplos del ámbito psicológico y social. Se compara, por ejemplo, el

conjunto de partículas con la muchedumbre humana de ánimos encendidos. Los integrantes de la turba, si los preguntamos por separado, tienen su propia opinión encontrada (esto es, atinada al azar), al calor de la aglomeración se observa una notable convergencia del comportamiento. La expresión “al calor de” no es casual. Las transformaciones que son resultado de la aplicación del calor producen cambios cualitativos. El papel de la disipación no es destruir sino transformar. ¿Cuánto tiempo se necesita para enamorarse uno? ¿Cuánto es “un instante” para que todo se transforme en la vida? El hecho de que se recurra al lenguaje antropomórfico para ilustrar fenómenos físicos de “comunicación” entre los elementos del sistema, desde luego, no tiene más valor que el de una metáfora heurística. Pero tal vez haya algo más. La teoría de sistemas complejos está buscando un “patrón que conecta” en un nivel profundo, en el de la metáfora científica.

La pretensión de Prigogine es haber demostrado que la irreversibilidad se sitúa en el nivel elemental de la materia. Este es un punto que más se le objeta en la literatura especializada, pero Prigogine necesita sostenerlo como una condición *sine qua non*, porque sobre ella descansa todo el razonamiento: el comportamiento azaroso irreversible en el nivel micro asegura las fluctuaciones necesarias para que se formen las estructuras en el nivel macro. Es la “inestabilidad de lo homogéneo” que postulaba Spencer, el punto de partida para la teoría evolutiva.

Entre los ejemplos de cómo funciona la interconectividad en el ámbito de la realidad fisicoquímica la multicitada reacción de Beluosow-Zhabotynski parece ser el caso más estudiado y el mejor elaborado matemáticamente.¹⁶ Otros ejemplos de sistemas que producen orden a partir de las fluctuaciones son las células de Bernard, el gorgoteo de la cerveza que sale por el cuello de la botella, la luz coherente del rayo láser y el tráfico de coches en la carretera de alta velocidad. En todos estos fenómenos los elementos del sistema se agrupan formando conjuntos coordinados y se sostienen en un estado estacionario fluctuante lejos del equilibrio. “En comparación con lo que podríamos considerar un fondo fluido, comenta a propósito Margalef (1980: 31), la naturaleza está produciendo continuamente piezas de construcción en forma de bloques o entidades que se hallan en estado de tensión o fuera de equilibrio.” Estos bloques de construcción están sometidos a la selección termodinámica, asunto que se

¹⁶ El modelo matemático se llama “el bruselador” en honor del equipo de Prigogine que trabajaba en Bruselas en los años 70. En la reacción Belousov-Zabotynski se mezclan dos sustancias químicas y el resultado inmediato no es un proceso de difusión o de mezcla uniforme, como sería de esperar, sino un “reloj químico” ordenado. Los colores se ordenan rítmicamente en un conjunto de figuras bien diferenciadas por unos cuantos minutos. Los estudios matemáticos demuestran la existencia de “atractores extraños” en la reacción.

discutió en el capítulo anterior.

La interconectividad entre las partes del sistema y la aparición de un patrón emergente de coordinación, se verifican en distintos niveles de la realidad. He aquí un ejemplo vistoso del ámbito de la vida biológica. En la selva sudamericana durante las noches de verano tropical se efectúa un espectáculo literalmente deslumbrante. Las hembras de cierta especie de luciérnagas, insectos voladores de hábitos nocturnos comúnmente llamados cocullos, atraen a los machos emitiendo una tenue luz verde de tono amarillo. Ese brillo fosforescente se emite a intervalos que varían alrededor de un segundo. (Por cierto, es uno de los procesos fotoquímicos más eficientes en la naturaleza, ya que convierte el 80 por ciento de energía bioquímica en energía luminosa y el 20 por ciento restante, en calor.) Cuando machos y hembras se reúnen en la copa de un árbol en cierta cantidad considerable, ofrecen un espectáculo insólito: el árbol parece encenderse y apagarse al unísono. Sucede que en estas circunstancias las luciérnagas "se ponen de acuerdo" y sincronizan las emisiones de luz.

Un equipo de arqueólogos del Instituto de Santa Fe, empleando el modelo de análisis de sistemas complejos, estudió el surgimiento del Estado (véase Levin 1995: 29-36). La conclusión de los autores es que cuando se dan ciertas condiciones críticas, dicha institución surge invariablemente por todas partes casi simultáneamente y de manera que se antoja instantánea, como si se tratara de una transición de fase, sin que intermedien los procesos de difusión, imitación u otros por el estilo. Una serie de ejemplos de colaboración/competencia provenientes de la ciencia social son las que proporciona Adams (1983), con los cuales ilustra su teoría del poder social. Los agregados humanos surgen o adquieren identidad propia y se coordinan en cuanto la toma de decisiones respecto a su propia reproducción. El proceso de coordinación y centralización se da en función de la supervivencia y expansión, repitiéndose en el nivel de la familia, el clan, la tribu, el Estado, etcétera.

Dinámica no lineal

La dinámica *no lineal* que manifiestan los sistemas complejos es tal vez su característica más llamativa. En cierto estado crítico basta con un pequeño insumo, con una fluctuación insignificante, para que el sistema cambie de estado, esto es, experimente una *transición de fase*. El agua de un estanque a punto de congelarse al recibir un ligero golpe de viento, se solidifica instantáneamente. En los fenómenos no lineales los efectos no parecen ser proporcionales a las causas. *Una pequeña chispa enciende el inmenso bosque, una sola palabra mueve al mundo a la guerra, un pequeño escrúpulo hace de*

nosotros filósofos o idiotas, decía Maxwell (citado de memoria).

En el ejemplo del estanque tenemos una estructura de equilibrio, pero en los casos que se citan en la frase de Maxwell se trata de otro tipo de estructuras, de las *disipativas*, las que se promueven a sí mismas. Las formas en equilibrio (como los cristales, por ejemplo) no tienen ningún intercambio energético activo con su medio, dependen por completo del ambiente benigno en el sentido en que la entropía no las afecta de manera reactiva. Los sistemas disipativos también dependen del ambiente benigno, pero interactúan con él y lo modifican. La entropía los obliga a mantenerse activos. Los sistemas disipativos existen en virtud de su dinámica impuesta por la ley de entropía. Esta dinámica es de naturaleza no lineal, estocástica.

El término de *no lineal* es un tecnicismo proveniente de las matemáticas; la no linealidad es característica de un modelo en el que las diferencias mínimas en el valor inicial en alguna de las variables conducen a una desviación de alcances imprevisibles. La no linealidad es característica de fenómenos *estocásticos*, los que se debaten entre el azar y la necesidad. Un fenómeno es estocástico como “fenómeno de elección al momento de bifurcación, en el que la evolución del sistema está decidida por la primera fluctuación que ocurra, la que llevará al sistema a un nuevo estado estacionario” (Prigogine y otros 1977).

El control que un mecanismo detonador ejerce sobre el flujo energético es estocástico. Así, por ejemplo, la neurona tiene una capacidad autónoma de encenderse y apagarse, pero otras neuronas pueden controlar su actividad. Las neuronas forman parte de circuitos: ceden su autonomía al convertirse en ciudadanas de una comunidad neuronal integrada, en la que se seleccionan ciertos resultados y abortan otros (véase Roberts 1976: 516, citado en Adams 2001). De la misma manera, las formas energéticas se encuentran en diferentes estados de disipación potencial de energía. Los mecanismos de control actúan de manera aleatoria al liberar o inhibir la energía. (Como puede verse la palabra “control” es un disparate, pero se usa con tanta frecuencia -para describir la interacción entre las partes del sistema- que ya nos acostumbramos a ella.)

Sensibilidad a las condiciones iniciales

La *sensibilidad a las condiciones iniciales* es la otra faceta privativa de los sistemas complejos. En el régimen cercano al equilibrio se pierde toda la sensibilidad a las condiciones iniciales y el resultado final es siempre el mismo: cero producción de entropía (Prigogine y otros 1977). En el régimen lejos de equilibrio sucede que los

sistemas acumulan los datos de su trayectoria.

Con "sensibilidad" se quiere decir que los sistemas dinámicos combinan cualidades que la ciencia clásica consideraba incompatibles: son sistemas al mismo tiempo deterministas que impredecibles (Hayles 1993: 35). Aquí "al mismo tiempo" es el *quid* de la cuestión. Un ejemplo de cómo un sistema complejo puede ser así de "contradictorio" (no lineal), es el del *efecto mariposa* de Lorenz.¹⁷ En un sistema complejo las pequeñas incertidumbres en el nivel local se pueden amplificar instantáneamente y configurar el sistema en la escala macro de manera imprevisible al momento de la fluctuación. El algoritmo que sirve para calcular los estados del sistema es determinístico y, sin embargo, las soluciones son impredecibles cuando los datos que lo alimentan varían de manera imperceptible.

En el ámbito de la economía globalizada en las bolsas de valores se habla de "efecto tequila", el "efecto samba" o el "efecto dragón". Son fenómenos que deben su nombre precisamente al descubrimiento de Lorenz, en donde "efecto" significa una consecuencia desproporcionada si la comparamos con lo insignificante de su causa.

La diferencia entre los ejemplos del ámbito de las ciencias exactas y las sociales es que en el segundo caso la cantidad de variables es tan grande, que resulta imposible calcular sus grados de libertad.¹⁸ Pero tanto en el caso de sistemas complejos de naturaleza fisicoquímica, como en el de los biológicos y los sociales, la dificultad insalvable es que no se puede conocer con *precisión total* las condiciones iniciales del sistema. Una precisión total en la información exigiría toda la energía del universo para conseguirla. Si no se puede obtener toda la información necesaria, el futuro es impredecible. Aún así, los sistemas pueden configurarse hasta cierto punto. El futuro no puede predecirse con exactitud, pero puede encaminarse en una cierta dirección. Un plan no es más que una realimentación a futuro, un *feed forward*.

Una imagen sugerente de la "sensibilidad a las condiciones iniciales" es la *memoria*, que postula Prigogine. Es una autodescripción que guarda el sistema acumulando ciertos datos a partir de la experiencia en su memoria sistémica. Cualquier mecanismo regulador es en sí una imagen en miniatura del sistema que

¹⁷ Físico norteamericano que durante la Segunda Guerra Mundial prestaba sus servicios como meteorólogo. El "efecto mariposa" consiste en que una pequeña fluctuación como el golpeteo de alas de la mariposa puede ser causante de una tormenta en una región muy alejada de la causa real. En realidad el nombre de tal "efecto" mariposa se debe al "atractor extraño" (un algoritmo matemático desarrollado por Lorenz a este propósito), el cual cuando se grafica en tres dimensiones tiene la forma de mariposa. El dibujo del efecto mariposa pasó a ser emblemático en los libros sobre el caos.

¹⁸ Levin (1995) habla de un caso de especialistas en sistemas caóticos que se ganan la vida jugando en la bolsa de valores. Esto significa que las "matemáticas del caos" (la no linealidad) y los conceptos de la ciencia de lo complejo son aplicables en el ámbito de la vida social.

regula (Miller 1978). Ahora bien, es una imagen comprimida, por decirlo así, porque la memoria no guarda todas las condiciones y todos los hechos del pasado, sino que selecciona los datos, en forma de instrucciones, las que serán necesarias para mantener y reproducir el sistema; esto es, el sistema guarda la "estructura útil", según una expresión descriptiva de Lévi-Strauss. En la ciencia de sistemas hay muchos intentos de describir el modelo. El concepto de *algoritmo*, mencionado en el capítulo 1, es una versión de la *memoria* de Prigogine. Bateson habla de *mente*, y se refiere a una suerte de elaboración de la autoimagen por parte del sistema. La mente según Bateson no es el misterioso "espíritu de la naturaleza", como lo sugiere una traducción al español de *Mind and Nature* (Bateson 1979), sino el conjunto de mecanismos de realimentación de un sistema, una especie de mente energética del sistema. En antropología se usan muchos conceptos análogos, como –por ejemplo– el de "conocimiento local" (*local knowledge*, según la expresión que acuñó Clifford Geertz). La "descripción densa" que guarda la memoria tiene que ver con las reglas de la autoorganización, que son locales y temporales, a diferencia de las leyes de la naturaleza que son universales y atemporales.

Lo importante del concepto de autodescripción es que los datos de la memoria no flotan en la nada, sino que están relacionados con su soporte energético y material.

Realimentación

La característica más conocida de los sistemas complejos es la *realimentación*. Los mecanismos de realimentación consisten en "circuitos de causalidad" en los que la información de salida es utilizada como la información de entrada para el próximo ciclo. En las reacciones autocatalíticas (Prigogine y otros 1977) en el momento en que se alcanza cierta cantidad de producto, la misma servirá de facilitador o catalizador de la reacción en el futuro. En biología el ejemplo más común es la homeostasis. En las ciencias sociales el máximo exponente de la idea de "sistemas de causalidad circular" basadas en la autorregulación es Bateson. Según el autor, en antropología "debemos reexaminar cuanto sabíamos" a la luz de estos conceptos (1990: 302).

Si bien pueden identificarse circuitos de realimentación concretos, la combinación de una cantidad imponderable de ellos, que constituye la vida social, es una dificultad para el análisis. El ejemplo preferido por Bateson es el bastón del ciego: ¿dónde comienza y dónde termina la percepción o los límites del sistema para una persona que utiliza esta herramienta?

Autopoiesis

La formación de estructuras se da a partir de los procesos de disipación. Las reacciones autocatalíticas, los "relojes" químicos, los procesos de biogénesis, el surgimiento de instituciones sociales, son ejemplos de *construcción/disipación* energética a través de acoplamiento de flujos energéticos de distintos tipos. El flujo sustancial se articula con el flujo detonador, lo cual da lugar a una forma energética nueva. Cuando este proceso adquiere la capacidad de perpetuarse hablamos de *autopoiesis*. La autopoiesis consiste en sostener la estructura mientras la energía, la materia y la información fluyen y se disipan. Como ya se ha dicho, el término "autopoiesis" se usa para evitar las interpretaciones antropomórficas.

Dinámica de fronteras

Un sistema se perpetúa dentro de ciertos límites, en la medida en la que puede manejar las ligaduras impuestas por el medio. La presencia de constreñimientos, fronteras y limitaciones se explica a partir del principio de la mínima disipación y de la maximización del flujo a través del sistema. Un sistema adaptativo se debate continuamente entre abrir y cerrar sus fronteras. Las fronteras son lugares de intercambio energético. El sistema las cierra cuando tiene que aceptar los límites de la *capacidad de sustentación* impuestos por el medio, y las abre cuando encuentra nuevas posibilidades de expansión. El principio que rige la dinámica de las fronteras es el principio de Zotin discutido más arriba (véase el apartado 4.2).

La frontera que se impone en un proceso de autoorganización demarca las partes del sistema que deben ser reproducidas y excluye las que no son objeto de autorreproducción (Adams 1988: 143). Las fronteras de sistemas sociales no sólo se abren o se cierran, sino que se pueden reorganizar.

Semejanzas y diferencias

A partir de las características compartidas por los sistemas complejos en el nivel elemental se perciben mejor las diferencias entre los distintas clases de ellos: los prebióticos, los orgánicos y los sociales. Las semejanzas son tan importantes como las diferencias. La diferencia entre los sistemas disipativos en física, biología y ciencias sociales está en la transmisión y procesamiento de la información. Las reacciones autocatalíticas, por ejemplo, se repiten sólo cuando el medio proporciona todos los

elementos. Los sistemas orgánicos y los sociales manejan la información con la cual pueden influir el medio y promoverse a sí mismos.

La diferencia entre los sistemas físicos ordinarios y los sistemas vivos es la *adaptabilidad*. Las estructuras portadoras de vida tienen la capacidad de anticipar y compensar activamente las fluctuaciones. En el caso de sistemas físicos se puede hablar de intercambio de materia y energía, pero no de información (Wagensberg 1998: 23). A esto se debe el hecho de que la reacción Belousow-Zabotynski dura unos cuantos minutos, mientras que el fenómeno de la vida se cuenta en millones de años. Debido a la capacidad de detectar las fluctuaciones en el medio y reaccionar activamente ante ellas, los sistemas complejos adaptativos no pueden describirse *exclusivamente* con ayuda de la termodinámica. "En cuanto a la materia y la energía la física tiene todo dispuesto, pero falta todavía una teoría unificada que incluyera una tercera magnitud, la información", sostiene Jorge Wagensberg (1998: 22).¹⁹

La característica más notoria que distingue los sistemas dinámicos físicos de los biológicos y sociales es la capacidad de éstos últimos de reproducirse como sistemas de herencia. Los sistemas vivos son sistemas autorreproductivos con programas hereditarios abiertos. Adams los describe con el término de *sistemas inclusivos autorreplicantes* (1982). Me parece que este concepto recapitula lo que la termodinámica tiene que decir sobre los procesos evolutivos. ¿Existe en este mundo alguna manera segura de guardar la información? La única manera de guardarla y ampliarla es reproducirla constantemente: la estructura es proceso.

¿Cómo se forman los sistemas dinámicos? En cuanto la formación de sistemas prístinos no se puede reconstruir todo el proceso a partir de las causas próximas por una cuestión de lógica elemental: se necesitaría eliminar todos los eventos azarosos que influyeron en su formación. Para descifrar un solo caso la cantidad de información tendría que ser prácticamente infinita. (Este es un argumento muy interesante que desarrolla Hayles 1993, véase el Glosario, el término de *irreversibilidad*.)

¹⁹ La teoría que ostenta el nombre de *informática* en la actualidad, observa Frithof Capra (1998), usa el término "información" en un sentido puramente técnico, como "señal". De ahí que debería llamarse "teoría de las señales", para no dar la falsa impresión de que es una teoría que viene al rescate del modelo de los sistemas complejos. El concepto de información tiene que ver no sólo con la cantidad de señales por minuto, sino con la naturaleza del emisor, receptor y las propiedades de los códigos. La información es la señal y su contexto. La señal se vuelve información en el pleno sentido de la palabra solamente cuando se integra en las estructuras informáticas del sistema que la recibe. En el caso de los receptores humanos, ya sean individuos ya sean grupos sociales, la información tiene que ver con muchos y muy variados códigos de comunicación. No sólo están involucrados los códigos químicos, genéticos, biológicos, sino también los conductuales, psicológicos, sociales y los demás, que son parte del ambiente cultural. Un problema mayúsculo de las ciencias sociales es que los códigos de su ámbito dependen del manejo de símbolos arbitrarios y de significados imprecisos.

Sin embargo, no todo está perdido. Se puede buscar una explicación de segundo orden, la *explicación basada en la selección*. La selección es la razón de ser de las entidades evolutivas. Todas las formas energéticas o "elementos operativos del universo", como lo explica Adams ([1988] 2001: 159), están en la ruta de su propia disipación, pero *la disipación de unos afecta la trayectoria de otros*. En esto consiste la selección natural. La selección termodinámica es una especie de preselección que se verifica en nivel más profundo de la realidad. En el régimen de equilibrio las estructuras se disipan espontáneamente y de una vez por todas, en el régimen de no equilibrio, en cambio, se interfieren mutuamente y se entrelazan entre sí dando lugar a mundos complejos, aunque con esto contribuyen aún más a una mayor disipación.

Cabos sueltos

La síntesis neodarwiniana tiene pendientes algunos problemas fundamentales (véase Boyd 1985). Por ejemplo, no se sabe cómo pasa la información del genotipo al fenotipo. Se desconoce cómo se las arreglan los genes para producir las características macroscópicas del sistema orgánico que ellos mismos ensamblan en el nivel micro (Lewontin 1974). Tampoco se sabe cómo el proceso de selección natural produce los patrones adaptativos a largo plazo que pueden observarse en la secuencia del registro fósil (Gould 1982: 380).

En la genética no se conoce ningún mecanismo de cómo un aprendizaje ontogenético del individuo podría pasar a la memoria filogenética de la especie. En el desarrollo del embrión se ve que la ontogenia de alguna manera "recuerda" la filogenia, ya que parece repetir ciertas características, como si recapitulara los desarrollos anteriores. Las similitudes en el desarrollo embrionario entre las distintas especies son sorprendentes: algún día todos fuimos unicelulares, luego nos parecíamos a un renacuajo y nuestro cerebro sigue todavía con la estructura profunda del cerebro de un reptil. "El gene es el planificador y responsable inicial de la toma de decisiones en las etapas más tempranas de la construcción del organismo" (Adams 2001: 202). En sentido estricto, el gene sólo produce proteínas o, mejor dicho, proporciona instrucciones para producirlas. ¿Qué mecanismos lo suceden después de haber cumplido él la tarea?

Los asuntos pendientes pueden ser tan interesantes como los logros. "Hasta ahora no se tiene idea de cómo los hábitos voluntarios de un organismo o una especie pueden convertirse en la fisiología de una generación futura a través de la

base material de la herencia”, comentan al respecto Margulis y Sagan (1996: 186, véase el Glosario: ontogenia/filogenia). En pocas palabras, no se sabe cómo la información pasa del genotipo al fenotipo; cómo la fisiología de las células y de los tejidos se convierte en el comportamiento de un organismo. ¿Cómo la química del cerebro se convierte en la mente del individuo? ¿Cómo las acciones de los individuos en el mercado influyen en la economía de la sociedad? ¿Cómo la evolución específica, divergente y prolífica, elabora y conserva los patrones de la evolución general? ¿Cómo las partículas elementales, que se agitan en el nivel micro, exhiben comportamiento coherente en el nivel macro? Con estas preguntas llegamos invariablemente a la *paradoja de la irreversibilidad*, la madre de todas las paradojas: ¿Cómo es que el orden surge espontáneamente del caos? ¿Cómo es que las cosas se repiten y se perpetúan *casi idénticas* a sí mismas?

5 La eficiencia entrópica

La termodinámica forma parte de nuestras ideas sobre el funcionamiento del mundo. En toda transformación energética hay un déficit a manos de la entropía. No es pensable evitarlo, pero ciertos objetos en el mundo, los así llamados sistemas disipativos, son capaces de mantener una "constante entrópica" en los intercambios mediante la transferencia de una parte de la entropía al medio. Un sistema "transfiere" entropía cuando se allega más energía de la que gasta en su propio mantenimiento y reproducción. La eficiencia energética es un indicador específico de este balance y se refiere a la relación entre el flujo regulador y el flujo sustantivo, que se mide como la tasa detonador/flujo. ¿Es la eficiencia energética lo mismo que la eficiencia de los economistas e ingenieros? He aquí una buena pregunta. El problema consiste en que en los sistemas sociales la función reguladora cuenta con componentes simbólicos no cuantificables (los valores), de modo que la eficiencia no sólo se refiere al desempeño energético de la forma, sino también a la coherencia entre ese desempeño y la imagen mental de dicha forma. He aquí un problema al que las ciencias sociales pueden aportar su conocimiento.

5.1 La eficiencia y sus adjetivos

Una creencia muy difundida tanto entre quienes se dedican a la ciencia como entre la gente normal, es que el universo rebosa de energía que sólo espera ser cosechada.¹ Sin embargo, no hay razón alguna para suponer que sea posible convertir todo tipo de energía en energía útil. El problema que debe entenderse de una vez por todas es que para convertir energía en trabajo se necesita un flujo energético compensatorio, y que ambos flujos, tanto el sustantivo como el compensatorio, están sometidos a la ley de la entropía. En este capítulo discutiré los distintos conceptos de eficiencia (termodinámica, entrópica, energética, económica, social) para abordar luego la idea de la sustentabilidad, tan frecuentemente invocada hoy en día como la solución de los problemas ambientales.

La conclusión que se impone a partir de las leyes de la termodinámica es que una eficiencia energética al cien por ciento es impensable. No se puede convertir todo el calor en trabajo. La energía nunca se presenta en un estado absolutamente puro, aprovechable al 100%. ¿Cuál es, entonces, la máxima cantidad de trabajo que se

¹ Por ejemplo, un libro de texto para la enseñanza primaria (Jeunesse, G.: *Del big bang a la electricidad*, SEP, México 2002) propone el siguiente razonamiento. La energía contenida en cierta cantidad de materia es igual a su masa multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado. Como la velocidad de la luz es muy grande (300 kilómetros por segundo), la cantidad de energía disponible es enorme. Toda partícula de materia es una fuente de energía en potencia; prueba de ello es la energía nuclear, sostiene el autor. Así es, en efecto, pero el razonamiento no toma en cuenta el costo de los detonadores para activar esa energía. Resulta irónico invocar la energía nuclear como ejemplo, porque se trata precisamente de una prueba de lo contrario: demuestra lo difícil y mortífero que es manejar una fuente energética de alta potencia.

puede obtener de una determinada cantidad de calor producida por una fuente? Esta era precisamente, la pregunta que se formulaban los fundadores de la termodinámica. Fue Carnot quien dio con un procedimiento cuantitativo, Kelvin quien sometió la fórmula de Carnot a pruebas exhaustivas, y Clausius quien le proporcionó un alcance universal al postular la “ley de la entropía” como una ley fundamental de la naturaleza (Planck 1979). La termodinámica se conformó así como la ciencia de la “transmisión del calor”, a la que Boltzmann dio un giro inesperado cuando propuso una fórmula algebraica de la segunda ley que permitió más tarde incluir los procesos informáticos en las descripciones de la naturaleza. El tratamiento estadístico de una ley universal – cosa nunca antes vista- abrió nuevas posibilidades de interpretación que las ciencias naturales aprovecharon en seguida, no así las ciencias sociales.

La termodinámica introdujo el tiempo irreversible, el cual hasta entonces no formaba parte de la *imago mundi* que proyecta la física sobre la realidad. Con esto se abrió un nuevo horizonte para la ciencia, muy diferente al inalcanzable ideal laplaceano de la perfección. Este nuevo giro permitiría, a su vez, compartir la idea de la evolución en las ciencias de la naturaleza y las sociales. Cierto es que, desde sus inicios, la termodinámica fue una rama de la física dedicada a la investigación básica, de modo que sólo era accesible a los especialistas, como lo sigue siendo en la actualidad. Sin embargo, de alguna manera la termodinámica dejó de ser solamente una rama de la física y pasó a ser la fuente de información primordial en otras áreas del conocimiento. Sus enunciados básicos deben tomarse en cuenta como lo que son: leyes fundamentales de la naturaleza, el sustrato común de todo lo que sucede.

Por lo que se refiere a la eficiencia, la fórmula de Carnot (véase la nota 5, capítulo 2) dice que la máxima cantidad de trabajo que se puede obtener de una determinada cantidad del calor tiene que ver con la diferencia de temperatura entre la fuente y el sumidero. Para que pueda aprovecharse (realizar trabajo), la energía debe distribuirse en forma desigual.² La *eficiencia termodinámica* o “eficiencia de Carnot” no depende de ninguna otra cosa más. Eso es lo genial de su descubrimiento: la eficiencia no se refiere en última instancia ni a la tecnología, ni a los materiales empleados, ni a la información disponible, ni a ninguna otra cosa que no sea la diferencia de temperatura entre la fuente y el sumidero.

² Eso en cuanto a la temperatura. De ahí no se deduce que el reparto desigual de energía constituya también una explicación de las desigualdades sociales. El reparto de energía en sistemas complejos tiene que ver, además de temperatura, con las reglas de la autoorganización, esto es, con la dinámica interna del sistema.

Con todo, la eficiencia termodinámica no les quitó el sueño a los ingenieros en la época de Carnot ni les quita a los de ahora, porque supone una demarcación puramente teórica, inalcanzable en la práctica: cualquier sistema real trabaja en un rango muy inferior. Aún así, indica que los límites de la expansión existen. Esta podría ser una mala noticia para quienes confían sin reparo en las soluciones tecnológicas, comenta Slesser (1978). Generalmente se piensa que el desarrollo tecnológico permite incrementar la capacidad de sustentación del planeta o de cualquier lugar específico de manera ilimitada. Sin embargo, el hecho es que una tecnología "mejorada" produce mayor entropía. La elaboración de mejores materiales y técnicas más refinadas exigen un gasto energético también mayor. Esto provoca problemas de inestabilidad: en la medida en la que crece la complejidad del sistema, el balance entrópico con el medio se hace cada vez más difícil de sostener. En el ámbito social sucede que una tecnología "más eficiente" elimina la mano de obra, con todas las consecuencias sociales que esto acarrea, y destruye el medio natural más rápidamente que la tecnología sencilla.³ ¿Puede el enfoque energético proporcionar criterios para dilucidar estos problemas?

En tiempos recientes, muchos investigadores han centrado su análisis en la energía, con la esperanza de encontrar un punto de referencia absoluto y un método más exacto de medición que el basado en el dinero, pero tan sólo para darse cuenta de que la energía también adolece del defecto de los absolutos. Al igual que en el caso de la libra o el dólar, cuyo valor exacto nunca podemos determinar, puede causarnos un *shock* darnos cuenta de que *nada sabemos acerca del valor total de la energía en un sistema*. ... En otras palabras, en la termodinámica y en la economía se usan los conceptos de contenido relativo y precio relativo, respectivamente. (Slesser 1978: 13 y 15, traducción mía, énfasis agregado.)

De este modo, en cualquiera de sus acepciones, la eficiencia sólo puede ser relativa. La *eficiencia* suele definirse como un balance favorable entre entradas y salidas. Esta parece una definición sencilla y elemental, pero no lo es. Dado que no es posible medir todas las entradas y salidas de un sistema, cualquier medición puede sólo referirse a la eficiencia específica. Si quisiéramos medir el valor total de la energía de cualquier sistema tendríamos que comenzar desde el *big bang*. Puesto que la energía del universo se debe al colapso gravitacional que se dio en aquella singularidad, nuestro sistema a evaluar sería el último eslabón de un sinfín de transformaciones energéticas que ocurrieron en el pasado para que puedan ocurrir las de ahora. Todo

³ De acuerdo con numerosos estudios antropológicos e históricos, el colapso de grandes civilizaciones se debe a las contradicciones internas del sistema, a su complejidad insostenible, y no sólo al agotamiento de los recursos y problemas de naturaleza económica. En la actualidad, la vulnerabilidad de los sistemas sociales complejos tiene que ver con la violencia en contra del medio natural.

proceso que observamos es un recorte de la realidad, de modo que determinar las entradas y las salidas de un sistema es prácticamente una decisión nuestra. Estas son las razones por las que el cálculo de la eficiencia sólo puede tomar en cuenta el balance entre *algunas* entradas y *algunas* salidas, aquellas que sean significativas para alguien en un momento dado. De ahí que la cuestión de la eficiencia energética será siempre una cuestión relativa. No hay eficiencia sin adjetivos.

En primer lugar, como toda cuestión relacionada con la energía, la eficiencia debe ubicarse en el contexto de la segunda ley. La segunda ley habla de la naturaleza del tiempo: el tiempo es irreversible e imprime sobre los procesos energéticos una dinámica que Georgescu-Roegen denomina "apremio entrópico" [*entropic predicament*]. La energía se expande espontáneamente cambiando de forma y cada suceso o cada *hit*, como dicen los informáticos, contribuye al aumento de la entropía. Cada parpadeo nos acerca al estado de equilibrio. Desde la perspectiva termodinámica el problema de la eficiencia se reduce entonces a la pregunta por el tiempo disponible. Es el tiempo lo que se ahorra cuando mejora la eficiencia, no la energía.

Veamos un ejemplo. Con el movimiento de un solo dedo puedo activar el interruptor de la corriente eléctrica y liberar una cantidad de energía muy grande, si la comparamos con la que gasté. Al encender la luz no he creado la energía ni he amplificado el flujo (lo prohíbe la primera ley), simplemente he activado un *trigger* o, mejor dicho, fui una parte de él, o sea, participé en un proceso de disipación. Todos los reguladores disipan más energía que la que se necesita para su activación, pero al comparar los costos de su operación encontraremos diferencias. Hay interruptores más eficaces que otros (la ley no lo prohíbe). Tomemos como ejemplo interruptores sensibles al movimiento. Cuando alguien entra a una habitación la luz se enciende "sola", sin necesidad de gastar energía ni siquiera en mover un dedo. ¿Tenemos aquí una mejora en la eficiencia? Todo depende en dónde hagamos el corte del proceso. Si comparamos los dos dispositivos en cuanto a la cantidad de tiempo que se necesita para liberar o inhibir el flujo sustancial por medio de su activación o desactivación, la respuesta será que uno es mejor que otro.

El punto es que la eficiencia debe calcularse siempre en relación con algún criterio específico. En el ejemplo anterior el elemento de comparación es el esfuerzo humano necesario para activar el disparador. Se prescinde de todo lo demás. Ahora bien, un interruptor pertenece a un circuito, y si vemos estos artefactos en el contexto amplio del proceso energético del que forman parte, la perspectiva cambia radicalmente. En el caso del interruptor "más avanzado" se gasta mucha más energía que en el caso de uno sencillo, aunque parezca lo contrario. Es bien sabido

que la tecnología más compleja exige la más alta calidad en todo. Consume mejores materiales, eroga gastos considerablemente mayores de mantenimiento y, si se toman en cuenta los trastornos y fallos, las composturas exigen tiempo y paciencia mucho mayores que en el caso de la tecnología sencilla. Y no hablemos de la chatarra que produce. La tecnología "avanzada" simplemente desplaza el problema de los costos a otros tiempos y otros lugares. A eso se debe la ilusión de su eficiencia perfeccionada. ¿Por qué nos cuesta tanto admitir que cuanto más avanzada es la tecnología, más entropía produce? Quizá se deba a nuestra mentalidad de conquistadores. Mucho tiene que ver en esto la religión y el mercado.

La propuesta de los economistas consiste en calcular todo en términos económicos, no energéticos. La eficiencia económica obedece al mecanismo de los precios, el cual —según la teoría clásica— puede compensar cualquier déficit, ya sea de energía, materiales, capital, trabajo o cualquier otro recurso implicado en el proceso económico. Que los precios sean equivalentes a los costos de producción, o que sean "precios justos", es cuestión de los mecanismos de mercado. Pero ¿no se le está exigiendo demasiado a un dispositivo? ¿Puede un regulador suplir las deficiencias del flujo mismo? Pretender compensar el déficit de energía con un mecanismo de regulación, ya sea complejo como un mercado, ya sea sencillo como un interruptor, es una clara muestra de pensamiento mágico. Georgescu-Roegen califica este modo de razonar como "uno de los más funestos mitos de la profesión, compartido también por otras profesiones" (1975: 791).

Los cálculos de la eficiencia basados en la medición de ingresos y egresos monetarios arrojan saldos positivos porque se basan en esa "simplificación conveniente" que es el dinero. Se dice que un sistema "produce más de lo que consume", pero eso sucede sólo porque los ingresos y los egresos se calculan en términos monetarios.⁴ Los cálculos económicos pueden arrojar superávit simplemente porque ignoran el déficit y el apuro entrópico al que están sometidos los sistemas abiertos. Existe un buen pretexto para prescindir de la termodinámica en los análisis económicos: los cálculos de la entropía en sistemas abiertos son imposibles de efectuar. Efectivamente, la entropía no se puede medir más allá de los casos ideales, que son los

⁴ El dinero como una medida en que se evalúan los recursos, el trabajo y el capital permite un recorte del proceso productivo o una reducción de los muchos factores que intervienen para reducirlo en un modelo manejable. Sin embargo, se trata de cosas muy dispares, en especial el capital, el bien escaso por antonomasia. El capital, antes que dinero acumulado, es una relación social y regula el acceso a los medios de producción, como lo demostró Marx. Otro problema de los modelos económicos consiste en que todo tiene que calcularse a corto plazo, de ahí que en la economía la especulación por la ganancia inmediata prevalece sobre las consideraciones de supervivencia a largo plazo.

de los sistemas aislados (véase la nota 6 de este capítulo). Aún así, una pregunta importante sigue en pie: dada la imposibilidad de medir la entropía en sistemas abiertos ¿debemos concluir que las leyes de la termodinámica no tienen sentido para estos casos?⁵ Esta pregunta desde que la formuló Ilya Prigogine sigue vigente.

El concepto de *entropía* (energía ligada) es un concepto tan “prodigiosamente abstracto” (Poincaré) como necesario. No existe energía en estado puro, así como no hay energía cuyo uso no contamine. La energía libre siempre se encuentra mezclada, por decirlo así, con la energía inservible. La energía disipada es realmente inútil y esto no sólo desde el punto de vista del ser humano. (La segunda ley no es una cuestión antropocéntrica.) El nivel de abstracción del concepto de entropía sólo se compara con el de la nada. ¿Cómo puede “existir” la nada? ¿A dónde se fue la energía después de gastar su potencial? Podríamos decir que energía, entropía, equilibrio no son sino conceptos, una manera de hablar. Pero es precisamente a través de los conceptos como tenemos acceso a la realidad. En este caso ambos componentes que postulamos como ingredientes de la realidad, la energía y la entropía, están literalmente fundidos, inseparables. La proporción entre estos dos factores indica el grado de alejamiento de una forma energética del estado de equilibrio, el de cero producción de entropía, que es el estado en el que no pasa nada, absolutamente nada. Con esto llegamos a un límite del pensamiento: el devenir, según el vértigo argumental hegeliano, consta del ser y la nada.

Los físicos insisten en que la entropía es una magnitud medible.⁶ Pero si bien es posible medirla en el caso de sistemas cercanos al equilibrio, esos son sistemas termodinámicamente aislados y representan una simplificación basada en abstracciones. En estos casos, que son de sistemas uniformes (como, por ejemplo, las “poblaciones” de partículas), se puede medir la entropía porque la cantidad de

⁵ Podríamos intentar exorcizar el problema aduciendo que el déficit entrópico sólo se aplica a los sistemas aislados, y que los sistemas ecológicos son sistemas abiertos. Eso es cierto, pero no del todo. Los sistemas vivos están abiertos a muchos flujos de energía, materiales e información, pero al mismo tiempo están cerrados a otros más. En cuanto a la biosfera su estatus como sistema vivo es único: en última instancia es un sistema cerrado no autorreproductivo. Es el sistema más cerrado de todos los sistemas vivos que conocemos, hasta el punto en que no parece tener un equivalente en el universo conocido. (Para la distinción entre sistema *aislado*, *abierto* y *cerrado* véase el Glosario.)

⁶ La entropía es “una cantidad física medible como la longitud de un palo, la temperatura en cualquier lugar del cuerpo, el calor de fusión de un determinado cristal o el calor específico de cualquier sustancia dada. En el cero absoluto de temperatura (-273°C), la entropía de cualquier sustancia es cero. [...] Cuando se funde un sólido, su entropía aumenta en un valor igual al calor de fusión dividido por la temperatura en el punto de fusión. De ello se deduce que la unidad con la que se mide la entropía es cal/°C, al igual que la caloría es la unidad de calor o el metro, la de longitud” (Schrödinger [1944] 1984: 112). Las mediciones que propone Schrödinger corresponden a ejemplos de entropía específica.

factores a considerar es manejable y las fórmulas son de naturaleza estadística, como la ecuación de Boltzmann, la de Shannon o la de Schrödinger. Pero a pesar de todo el ingenio que pueden desplegar los físicos, todavía nadie, como observa con perspicacia Georgescu-Roegen (1996), ha inventado un "entropómetro" para los sistemas reales, simples o complejos. Esto se debe a una dificultad objetiva, la de trazar con precisión los límites del sistema no aislado, compuesto por muchos subsistemas, los cuales también son, a su vez, sistemas abiertos, y en los que la disipación de energía juega un papel activo en el sentido de que los obliga a intensificar su actividad, reordenar el medio y adecuar constantemente sus estructuras. En estos casos, los de sistemas cuyas fronteras son dinámicas, la entropía es imposible de medir.⁷

Sin embargo, aun cuando es imposible medir la entropía, nunca hay que olvidar su significado. Por lo que se refiere a la "producción" de entropía, esto es, a la manera en la que la entropía se promueve a sí misma, debe advertirse que ésta es muy diferente en sistemas aislados y en sistemas no aislados. En los sistemas aislados la entropía se da por inercia. En los sistemas abiertos, en cambio, la producción de entropía ocurre por interacción entre los flujos, esto es, se da de manera activa o dinámica. El argumento fue desarrollado en el capítulo 4, aquí para ilustrarlo, un ejemplo. ¿Cuál sistema es más disipativo, una estrella como el Sol o un organismo biológico como —pongamos por caso— el de un mamífero? La entropía específica es la que marca la diferencia. Un gramo de peso corporal humano libera diez mil veces más calor que un gramo de materia incandescente del Sol (véanse los cálculos de Zotin 1979, citados en Adams 1975). Conclusión: cuanto más lejos del equilibrio, tanto más entropía produce el sistema. Esto significa que no es lo mismo producir entropía (irradiar calor, en última instancia) por inercia, que producir entropía por interacción, como sucede con los sistemas abiertos. Para un sistema adaptativo (termodinámicamente abierto) el único problema consiste en no dejar de

⁷ Cuando los físicos hablan del cálculo de la entropía se refieren a la entropía específica. ¿Qué relación tiene la entropía específica con la entropía como índice de distribución de energía no disponible? La entropía es una característica extensiva del sistema y en este sentido es el índice de distribución de energía no disponible. La entropía sólo se puede medir en calorías (por unidad de temperatura). ¿Podrá calcularse también por unidad de tiempo, por hora/hombre, por ejemplo? ¿Podría calcularse por unidad de estructura, recurriendo a la teoría de la informática? Este cálculo daría una medida de la complejidad del sistema, como propone Wagensberg (1985). La formulación de Boltzmann asocia al sistema una idea de orden (que en los sistemas abiertos crece con la disminución de la entropía); se trata de una medida de la complejidad. Para Wagensberg la entropía contiene la desinformación del observador macroscópico y representa el número de configuraciones microscópicas compatibles con el estado de equilibrio en cuestión. El autor dice que Ludwig von Boltzmann daba la vida por que este principio se extendiera a toda materia organizada (1985: 29s).

producir entropía “nunca”. Para conseguir esto se necesita acumular mucha estructura e información. El ser vivo más pequeño es un sistema mucho más estructurado que el Sol.

Cuanta más entropía produce el sistema, tanto más activo, por no decir peligroso para su medio, resulta dicho sistema. Pero lo contrario también es cierto: cuanta más disipación se produzca en un medio, mayores posibilidades habrá de ensamblar sistemas nuevos y cada vez más complejos. La creatividad de la selección depende de la variación de formas energéticas disponibles en el medio. En la medida en que los procesos disipativos son profusos se da la autoorganización de formas energéticas novedosas.

Regresemos ahora al argumento central de que la energía libre está siempre vinculada con la producción de entropía. ¿Qué tiene que ver esto con las realidades sociales? Un hecho obvio, que se confirma a diario en nuestra experiencia más trivial, es que la energía útil está siempre demasiado diseminada, mal distribuida y, cuando está muy concentrada, es peligrosa. Pensar que estamos flotando en un mar de energía no aprovechada es no entender nada de la dinámica energética elemental. Es cierto que la energía es omnipresente en el universo, pero sólo una parte infinitesimal de esta energía es potencialmente utilizable a escala humana y, por lo demás, nunca de manera gratuita o sin consecuencias. Debe considerarse el costo de la búsqueda, el aseguramiento, la activación y el manejo de desechos. Tal costo es variable y, en un sistema cerrado, siempre creciente.

Un ejemplo de la relación entre la energía libre y la ligada es el contenido energético de los mares del planeta. El agua de los mares retiene grandes cantidades de energía térmica y, sin embargo, es una energía tan dispersa (de entropía tan alta), que un dispositivo para extraerla supondría el gasto de cantidades descomunales de energía compensatoria, en proporción con el trabajo que podría producir posteriormente. Algo produciría, desde luego, pero ¿valdría la pena pagar por ello? El problema es el tiempo y el espacio que se requieren para construir tamaño dispositivo.⁸

El ejemplo de los mares remite a un tipo de eficiencia que podríamos llamar “eficiencia energética”, aunque hay un inconveniente en llamarla así. El término “energía” se usa mucho en el lenguaje cotidiano como sinónimo de un insumo

⁸ Hay quienes imaginan, comenta Georgescu-Roegen (1975: 799), un dispositivo que haría el “contrabando de energía”. Es interesante observar cómo todos los años aparece en la prensa la noticia sobre un “catalizador” que permitiría la fisión nuclear a temperatura ambiente y rendiría grandes cantidades de energía “limpia”. Según esto, sólo se necesita un poco de ingenio. ¿Nada más? ¿Y de dónde tomaría el catalizador la energía necesaria para realizar tamaño trabajo? ¿Y cuál sería el sumidero de la energía degradada?

específico, a saber, el combustible. Desde el punto de vista holístico, sin embargo, la energía es el denominador común de todo lo que sucede, incluida la quema del combustible. Para evitar la confusión sería mejor utilizar el término de "eficiencia entrópica". La eficiencia energética, en el sentido que se le da en economía, se refiere a los costos más inmediatos de los procesos de producción, mientras que la eficiencia entrópica ubica el problema en un contexto amplio de la supervivencia, en este caso de supervivencia de la humanidad y, tal vez, de la biosfera misma. La distinción entre ambos tipos de eficiencia es básica para la energética, entendida ésta como la "termodinámica de la supervivencia" para las ciencias sociales (Adams 1978).

La *eficiencia entrópica* sólo puede darse en el régimen termodinámico de no equilibrio y significa que la actividad del sistema, algo que siempre producirá un déficit, debe ser compensada en los intercambios con el medio. El sistema debe capturar flujos de baja entropía suficientes como para compensar el costo energético de la captura misma y de la reproducción.

Los dispositivos [*trigger mechanisms*] mediante los cuales se convierte la energía libre en energía de trabajo se pueden comparar con redes de captura. Podría capturarse, por ejemplo, la energía cinética del oleaje de los mares, la del viento, la del Sol y hasta la de las gotas de lluvia, si tuviéramos un dispositivo apropiado y energía para construirlo. El ejemplo de las plantas viene al caso: la clorofila permite capturar la energía de una lluvia finísima, la de los fotones. Las plantas realizan este trabajo a un costo muy bajo, utilizando –por decirlo así– la nanotecnología. Las células verdes se asemejan a una red de captura de agujeros muy finos que atrapa las ondas de una franja del espectro de la luz solar en una cantidad promedio de alrededor del 2% del total de la energía que llega por esta vía a la Tierra (véanse los cálculos en Margalef 1984). Una buena pregunta es por qué las plantas son tan poco eficientes en esta tarea. Quien tenga la respuesta a esta pregunta puede presumir de haber entendido mucho de la evolución y de la eficiencia entrópica. El propio Alfred Lotka quedó perplejo frente a este fenómeno (Lotka 1925: 357). El mejor aprovechamiento de la energía disponible –razonaba el autor–, junto con la mejor administración de los recursos y, en consecuencia, un agotamiento menos rápido de éstos, debe actuar a favor de las especies con mayor talento para ello. Tal vez la solución de este dilema la ofrece el *principio de Zotin* (véase el capítulo 4). Según ese postulado, debe haber un balance entre la intensidad de la disipación y la cantidad de la energía procesada. Este balance se manifiesta en el *estado estacionario*, que es una intermediación entre la máxima cantidad de energía procesada y la mínima producción de entropía por unidad de estructura mantenida.

Ahora bien, si la tesis del déficit entrópico es cierta para todos los casos, entonces ¿en qué consiste la evolución? Georgescu-Roegen la define precisamente como una mejora en la eficiencia entrópica de sus productos (1996: 381). La eficiencia en el sentido de apuro entrópico explica el rumbo que tomó la evolución humana en el empleo de los medios exosomáticos de captura de energía o redes. *Los instrumentos exosomáticos permiten al ser humano obtener la misma cantidad de baja entropía con menos gasto de su propia energía libre que si utilizase únicamente sus órganos endosomáticos* (1996: 381, véase el Glosario *entropía alta, entropía baja*). Es así como funciona el principio de Lotka. La eficiencia entrópica como una cuestión del tiempo (durante el cual el sistema puede sostener un estatus entrópico constante en los intercambios con el medio) se refiere a la dinámica energética elemental y está muy de acuerdo con la tesis de Hamilton, según la cual *la proporción entre la energía procesada y la estructura mantenida alcanza el estado estacionario* como condición para que el sistema pase a formar parte de un arreglo mayor.⁹ El cambio evolutivo se da, entonces, por dos vías: la reproducción con variaciones y la asociación entre formas energéticas de distinta naturaleza, la selección.

Podemos concluir que los estados estacionarios son los estados de máxima eficiencia entrópica, productos de la autoorganización, que –dado el caso– serán utilizados para formar un siguiente nivel de integración.

La eficiencia entrópica descansa sobre el principio del déficit perenne: *todo proceso productivo consume una cantidad mayor de entropía baja de la que está contenida en sus productos* (Georgescu-Roegen 1975: 791). En otras palabras, la ley de la entropía impide que un dispositivo ejecute más trabajo que el asegurado por la energía libre que recibe (1996: 249). La primera premisa del razonamiento es que un sistema cerrado no puede realizar indefinidamente trabajo a un ritmo constante. Esta es una formulación de la *cuarta ley de la termodinámica* propuesta por el mismo autor (1996). La segunda premisa es que la biosfera es un sistema cerrado en el sentido de que la cantidad de energía accesible de baja entropía es finita (1975: 792). El problema que enfrenta un sistema así (abierto al flujo de energía y cerrado al flujo de materiales) es que debe canalizar cada vez más recursos hacia el mantenimiento. Cuando la producción de un

⁹ Los “bloques de construcción”, según la expresión de Hamilton (1977: 291), de un nivel servirán para la elaboración de configuraciones energéticas nuevas en el siguiente nivel. *La centralización de una unidad ocurre como parte de la coordinación de esa unidad con otras unidades* (Adams [1975] 1983: 233). Encuentro muy interesante la coincidencia de la aseveración de Adams con la tesis de Hamilton. En ambos casos las estructuras jerárquicas aparecen como resultado del acoplamiento entre distintos sistemas reproductivos, originalmente autónomos. Esta idea es aprovechable en cuanto que fundamenta una lógica de operación de los sistemas sociales como segmentos de un sistema inclusivo mayor.

ecosistema iguala el gasto del mantenimiento o respiración, tenemos el estado estacionario, el cual es posible durante algún tiempo, definido por los ciclos ecológicos mismos. El problema con el estado estacionario es que utiliza toda la energía para su propia regulación. Para que el sistema vuelva a producir un excedente hay que regresarlo a un estado "inmaduro", previo al de su clímax. Esto es lo que sucede, por ejemplo, con la agricultura: el ser humano interviene al ecosistema haciéndolo regresar a una etapa temprana de sucesión para poder canalizar una parte de la producción hacia la sociedad humana. Es así como el sistema social "transfiere" la entropía al medio. La presencia de un sistema disipativo siempre deja una huella en el medio. El tamaño y la incidencia de esta huella para el medio depende si se sobrepasó el umbral de la irreversibilidad, ya que estamos hablando de fenómenos que obedecen a la dinámica no lineal.

De la definición de la eficiencia entrópica se deduce que un sistema que gasta más energía en la recolección de entropía baja de la que emplea en su propia manutención y reproducción, se vacía con el tiempo. Pero el tiempo, es decir, el tiempo evolutivo, no corre al mismo ritmo para todos. Un colibrí, por ejemplo, está equipado para encontrar su alimento de manera rápida y expedita en un horario muy apretado: el acelerado ritmo de su metabolismo está en concordancia con las fluctuaciones del nicho en el que trabaja. Una serpiente del desierto, en cambio, come una vez al mes y digiere su alimento a sangre fría y sin moverse durante semanas. Hasta aquí la metáfora, porque los organismos biológicos no pueden alterar mucho sus fronteras energéticas. Las sociedades humanas, en cambio, lo hacen con cierta facilidad. Las sociedades pueden manipular sus contornos; pueden disgregarse en unidades más pequeñas, pueden migrar enteras o por partes, pueden disminuir el consumo, aumentar el trabajo, implementar innovaciones, asociarse con otras sociedades, subordinarlas, etcétera. Abrir o cerrar las fronteras es el dilema que una estructura disipativa dinámica enfrenta continuamente dadas las constantes fluctuaciones del medio (véase *Zotin, el principio de*).

Ninguna macroestructura material, ya sea un clavo o un *jet*, cuya entropía es menor que la de su medio puede permanecer inalterable en su forma original por mucho tiempo, constata Georgescu-Roegen (1975: 793). Una estructura que puede distinguirse del medio se sostiene con ayuda de un flujo compensatorio, que es el flujo de operación y reproducción. El clavo es una estructura de equilibrio, en cuyo caso la disipación es una suerte de inercia, que se produce de manera no reactiva y cuya resolución depende por entero de las condiciones ambientales: en el régimen de equilibrio la entropía se lleva todo consigo. No ocurre lo mismo en el régimen de no

equilibrio. El *jet* es un ejemplo que viene al caso. El avión es una estructura compuesta por sistemas de equilibrio y sistemas disipativos,¹⁰ y como parte que es de una macroestructura disipativa, necesita insumos constantes y crecientes para seguir operando. Esto es así porque tanto los insumos como su manejo están sometidos al principio del déficit entrópico de toda transformación energética. Ahora bien, no toda la entropía se puede transferir al medio. En consecuencia, para sostener una producción constante las entradas deben aumentar. En un sistema cerrado la producción de entropía aumenta a la par que la energía libre declina. La dinámica de la eficiencia entrópica lleva a la “paradoja del corredor”, que tiene que correr cada vez más de prisa para mantenerse en el mismo lugar. Si aplicamos la metáfora al ámbito social, correr más de prisa (consumir cantidades crecientes de baja entropía) se consigue construyendo vehículos de supervivencia cada vez más rápidos y sofisticados. Pero esto significa también que el daño al ambiente será más rápido, más amplio y más intrincado. Ninguna macroestructura disipativa puede subsistir sin dejar una *huella ecológica*. Por lo que se refiere a las estructuras disipativas sociales, cuanto más avanzada tecnológicamente esté una sociedad, mayor será la huella que dejará.

... todos los signos indican que una mayor productividad, esto es, más trabajo por hora hombre, requerirá marginalmente más y más energía. La complejidad demandará un costo energético y, considerando los colapsos, un costo de tiempo. El tiempo es energía. (Slesser 1978: 61, traducción mía.)

5.2 Crecimiento *versus* desarrollo

El estado estacionario es la manera que tiene una forma energética de perpetuarse en el régimen de no equilibrio. El estado de máxima eficiencia entrópica representa una etapa decisiva en el desempeño de todo sistema disipativo, tal como lo indica la curva sigmoide (véase la figura 1: 82, un ecosistema). Sin embargo, la eficiencia entrópica no se da por ley, sino que obedece a las reglas de la autoorganización. En la fase de madurez o clímax de un sistema, la proporción entre entradas y salidas muestra un estado que en las ciencias exactas se denomina *estacionario* (un estado que no cambia en el tiempo). El estado estacionario es una fluctuación estabilizada en el tiempo y

¹⁰ Georgescu-Roegen no distingue entre sistemas de equilibrio y sistemas dinámicos ni recurre al concepto de estructura disipativa. En cambio, maneja la diferencia entre *stock* y flujo (1996), que es paralela a la diferencia que establece Prigogine entre las estructuras en equilibrio y estructuras disipativas. Georgescu-Roegen utiliza su propia terminología. El estado estacionario no lo convence como modelo. Habla de “balance entrópico” entre el sistema y el medio ahí donde Prigogine distingue entre la entropía producida dentro del sistema y la que el sistema “transfiere” al medio. Como estos autores se ignoran mutuamente, habría que hacer un trabajo de comparación para ver en qué medida hablan de lo mismo.

lugar determinados. Toda forma energética tiene por definición, como referencia, tal estado. Si no fuera así, ¿cómo se distinguiría la forma del fondo? Todo sería una perpetua fluctuación sin sentido, sin que se organizara nada.

Así entendido, como estadísticamente probable, el estado estacionario no es el sinónimo de equilibrio, un concepto propio de la metafísica aristotélica, y profusamente utilizado en las ciencias sociales, especialmente por el funcionalismo.¹¹ No es aquel "estado de armonía" hacia el cual estarían encaminadas todas las cosas según su destino. Por el contrario, el estado estacionario es una mera posibilidad, un resultado *estocástico* del acoplamiento de diferentes ciclos energéticos, en el que confluyen tanto el azar como la selección. El calificativo "estocástico" se refiere a una combinación de los aspectos impredecibles de un proceso energético (debidos al azar) y los patrones de interacción predecibles (determinísticos) entre los elementos del sistema, y entre éste y su medio.

El estado estacionario (la parte predecible del proceso evolutivo) perdura mientras permanece el ambiente benigno, y se puede desdibujar en la fase de fluctuaciones. Es un estado característico del crecimiento en el sentido de que representa su fase de estabilidad. Quizá debería decirse que la pauta maestra de la evolución se manifiesta como alternancia entre el crecimiento y el desarrollo, entre la "fase constitutiva" y la "fase inducida", en la terminología de Zotin (véase el apartado 4.2). Se trata de vías alternas, que no alternativas: el proceso evolutivo se verifica por la vía del crecimiento, la *reproducción simple*, y por la vía del "desarrollo", la *reproducción ampliada*, si se me permite un préstamo de la terminología marxista. La reproducción simple es la multiplicación de lo mismo, esto es, la autopoiesis; mientras que la reproducción ampliada consiste en la elaboración de formas energéticas novedosas. La evolución procede por ambas vías, pero a la postre se la identifica siempre con el cambio cualitativo, con la neopoiesis. (Véase también en el Glosario *crecimiento/desarrollo*).

En desarrollo es un aumento en la actividad energética en el sentido en que se da la diversificación de fuentes, materiales y formas participantes, con todo lo cual aumenta la complejidad y la vulnerabilidad del sistema evolutivo. El estado

¹¹ El concepto de estado estable [*steady state*] aparece en *Principles of Geology* de Charles Lyell y es parte de una discusión entre los "catastrofistas" y los "uniformistas" que se dio en la biología del siglo XIX. El concepto se refiere a una cierta estabilidad como condición cosmogónica, esto es, supone que en el pasado actuaban las mismas fuerzas que actúan ahora. El equilibrio como una condición metafísica del universo es un postulado de Aristóteles. De la filosofía clásica pasó a la sociología temprana. El *estado estacionario*, que es el término que prefiero utilizar en este trabajo, es otra cosa; es un estado transitorio, poco probable y uno entre varios del sistema termodinámicamente abierto.

estacionario es característico de la fase constitutiva, mientras que en la fase inducida prevalecen la experimentación y el consumo por encima de las posibilidades del medio. El desarrollo contrae deudas con el entorno.

Ahora bien, la distinción entre la reproducción simple y la ampliada (entre el crecimiento y el desarrollo) es fundamental para evaluar el estatus disipativo de un conjunto social. La sociedad se puede definir como un conjunto de formas energéticas alejadas del equilibrio. El crecimiento de este conjunto tiene límites muy claros, que son los límites de la sustentabilidad local o regionalmente determinada, mientras que el desarrollo no muestra ninguna tendencia intrínseca hacia el estado estacionario, porque es precisamente un intento de trascender las limitaciones energéticas del mero estado sustentable local y temporalmente definido. La pregunta por los límites del crecimiento es fácil de contestar cuando se dispone de datos sobre el medio, la tecnología y la organización social. La pregunta por los límites del desarrollo no tiene respuesta unívoca, aunque se disponga de datos precisos. Mucho depende de la dirección en la que coloquemos el letrero de "progreso". Tal parece que en la actualidad, la alternativa es sustentabilidad *versus* modernización. Cuando la gente puede elegir, no titubea en optar por la última. La evolución en sí misma no impone dirección alguna, más allá de la que está implícita en el principio de Lotka: los sistemas procuran integrar cada vez más energía en sus ciclos. Sin embargo, esto se paga con más desorden en el medio e inseguridad. La fase de desarrollo es una fase de fluctuaciones y, como tal, resulta impredecible. Es una fase de apertura, de redefinición de fronteras energéticas y de riesgos. Es posible que una nueva configuración lleve más tarde hacia un nuevo estado estacionario, pero para esto se necesitan ciertas condiciones específicas, las que trataré de definir en adelante.

5.3 El embrollo de la sustentabilidad

¿En qué consiste, entonces, la sustentabilidad? ¿Es aplicable este concepto a las sociedades humanas? Después de la crisis petrolera mundial de 1973 se suscitó una discusión sobre "los límites del crecimiento", que desembocó en la retórica oficial, hoy en boga, sobre el "desarrollo sustentable". Se lo considera ahora la solución de los problemas ecológicos mundiales.

Sin embargo, el concepto de desarrollo sustentable es una cuadratura del círculo. Entre el "desarrollo" y la "sustentabilidad" no hay compatibilidad alguna. El desarrollo es un aumento en la actividad energética y sólo puede producirse a

partir de fuentes energéticas nuevas. La sustentabilidad, a su vez, como una etapa del crecimiento, es la repetición de lo mismo; siendo su límite natural el estado estacionario. El desarrollo es compatible con todo, menos con el estado estacionario. El estado estacionario no es un estado productivo, porque gasta todas sus energías en su propio mantenimiento.

En la definición más socorrida de la sustentabilidad, que es la del "Informe Brundtland", hay una buena dosis de candor:

El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. ... El desarrollo sostenible exige que se mejore la calidad de la vida de todas las personas del mundo sin que se incremente la utilización de nuestros recursos naturales más allá de las posibilidades del planeta. (*Nuestro futuro común. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo 1987.*)

¿Puede haber actividad que no extraiga más energía del medio de la que regresa? Desde la perspectiva de la termodinámica de sistemas abiertos, la pregunta es, según Georgescu-Roegen (1996), *a qué ritmo se está transfiriendo la baja entropía del medio hacia la economía humana.*

Mientras consumimos la neguentropía a un ritmo mucho menor del que el sol la suministra -razona Selser-, en principio no hay nada de que preocuparnos. Sin embargo, los sistemas económicos no están desarrollados con base en la energía solar, sino alrededor de la neguentropía almacenada en una multitud de recursos energéticos. Si no cambiamos nuevamente al uso de la energía solar y de un modo sustancial, eventualmente vamos a perecer. Georgescu-Roegen sugiere que este suceso no estaría tan lejano. Tal vez tenga razón, pero hasta ahora nadie se ha desmoronado como para comprobar el hecho (Selser 1978: 20).

En el ámbito de las ciencias sociales tal vez fue Malthus quien se percató primero de que la sociedad trata siempre de aumentar sus insumos por encima de la capacidad del medio. Malthus propuso comparar los diferentes ritmos de producción de alimentos con los ritmos de crecimiento de la población humana. Su argumento se ha interpretado posteriormente en el sentido de que el aumento aritmético en la producción de alimentos sería insuficiente para el aumento geométrico de la población. Fue Darwin quien, después de haber leído a Malthus, dio con la idea de la selección. La tesis darwiniana, aunque surgida en las ciencias sociales, fue formulada en términos de las ciencias naturales. La termodinámica extendió el argumento de la selección hacia los sistemas abiertos en general. Gracias a la teoría de sistemas sabemos que el comportamiento de los sistemas dinámicos no obedece las leyes matemáticas lineales, como en el argumento atribuido a Malthus, sino que la fluctuación estocástica de todo proceso energético es la norma.

Desde la perspectiva de la energética, entonces, nuestras preguntas son diferentes. Ya no podemos ver la sustentabilidad como un proceso que no perturba el medio, que no cuesta nada y que puede durar indefinidamente. No hay actividad, sea humana o no, que deje el ambiente intacto. La pregunta por la eficiencia entrópica es una pregunta por la permanencia, esto es, por el tiempo, el espacio y la energía disponibles para la reproducción de un sistema específico. La pregunta de Georgescu-Roegen sobre el ritmo al que se está transfiriendo la baja entropía del medio hacia la economía humana es la pregunta por la capacidad de sustentación: *¿qué cantidad de gente y durante cuánto tiempo puede sostenerse con los recursos de un determinado medio?* Me propongo abordar esta cuestión en el nivel empírico para el caso que planteo, en el capítulo 7.

5.4 La eficacia simbólica

Para mantener la eficiencia entrópica en el nivel del estado estacionario, el sistema cuenta con un algoritmo, esto es, con una autodescripción que consiste en un código hereditario abierto. Este código aparece no sólo en el nivel de la genética, sino también de la fisiología, la conducta, la economía y la sociedad. En el caso de sistemas complejos, los procesos de autodescripción y sus respectivos códigos son muchos (debido a la multiplicidad de los recursos que los alimentan), pero la estructura básica de cualquier algoritmo de los sistemas autorreplicantes es darwiniana en su esencia: se verifica como una secuencia de reproducción, variación y retención, un proceso que suele resumirse con la palabra de "selección". Al perpetuarse, las formas energéticas producen variaciones que posteriormente se ajustan entre sí. Las formas energéticas retienen en su estructura un insumo informático que será utilizado como realimentación en el futuro. Es como si el sistema interiorizara a lo largo de su trayectoria las condiciones del contorno formulándose un mapa propio de la realidad cada vez más preciso.

La evolución darwiniana es, entonces, "un proceso algorítmico de diseño: no planeado, no previsor, masivamente paralelo y prodigiosamente derrochador [entrópico] en el que, sin embargo, los incrementos mínimos han sido utilizados económicamente, copiados y vueltos a copiar a lo largo de miles y millones de años" (Dennett 1999: 295; véase el apartado 1.7 del presente trabajo). Como conjunto de realimentaciones que es, el algoritmo permite al sistema enfrentar las contrariedades,

aunque no todas: sólo las habituales o repetitivas. El algoritmo no responde a propósito explícito alguno; sólo recoge la experiencia del pasado y sobre la misma produce pequeñas o grandes variaciones al azar. La contradicción entre el "algoritmo" y el "azar" es la misma que encierra el concepto de un proceso estocástico. "Estocástico" significa "atinado al azar". Un sistema encuentra, o no encuentra, las respuestas a los problemas que plantea el medio mediante el método de ensayo y eliminación del error. Cuando ocurren movimientos drásticos, fluctuaciones peligrosas y catástrofes irremediables, las soluciones tradicionales no sirven de nada. Incluso los sistemas muy estables y robustos están expuestos a sucesos imprevistos. El futuro guarda todo tipo de sorpresas. La historia de cualquier sistema vivo, comenta Gould (1983: 195), "es como la vida de un soldado, que consiste en largos periodos de aburrimiento y breves periodos de terror". La segunda ley asegura que el futuro no permanecerá igual para nadie, siendo que un período de desarrollo es el "período de terror".

He argumentado sobre la necesidad de distinguir dos fases evolutivas: (1) la de crecimiento y (2) la de desarrollo. La primera consiste en *autopoiesis*, que es la repetición de lo mismo con variaciones; la segunda en *neopoiesis*, que es la elaboración de formas energéticas novedosas.¹² En la primera fase la selección conduce al estado estacionario. En la segunda, se forma un nuevo nivel de integración. El punto crucial de la argumentación que sigue es que la neopoiesis culturalmente determinada introduce elementos simbólicos en la construcción de las formas energéticas o vehículos de supervivencia.

Retomo aquí la definición de la cultura como una nueva dimensión del ambiente (véase el apartado 1.5) que permite el ensamblaje y la operación de formas energéticas heterogéneas (unidades operativas, vehículos de supervivencia, sistemas compuestos de elementos heterogéneos). Las ideas, los valores y los símbolos suelen calificarse como ideología, como una parte "no material" de la cultura humana. En el enfoque energético, que es provisoriamente monista, estos fenómenos siguen siendo procesos energéticos. El presupuesto es que los códigos y procesadores de información todos cuentan con su propio sustrato material -neuronas, signos, libros, rituales, instituciones, etcétera-, que son formas energéticas especializadas en el mantenimiento y reproducción de la información. Estos forman parte de la cultura como el conjunto

¹² En biología se habla de *estasis* y *especiación*; la discusión entre los "gradualistas" y los partidarios del cambio catastrófico o "catastrofistas" también se refiere a esta distinción. Véase Gould 1983. En epistemología tenemos la distinción de Kuhn, quien distingue entre el período de la "ciencia normal" y el de la "revolución científica".

de "operadores" del proceso social, una idea que atraviesa la antropología contemporánea en muchas de sus vertientes. Sherry B. Ortner (1984) hace un repaso de la teoría antropológica de las últimas décadas y propone el enfoque sistémico como enfoque unificador a partir de una "teoría de la praxis". En ella la interacción entre lo que en la energética social se dice *unidades operativas* (individuos, grupos sociales, sociedades, sociedades de sociedades) proporciona una matriz para que las estructuras sociales adquieran realidad, se perpetúen y se reproduzcan.

En el contexto de la energética estos procesos de producción y reproducción de la sociedad tienen el tiempo contado por la eficiencia entrópica. Reducida a una cuestión puramente técnica o ingenieril, la eficiencia hace a un lado el contexto social en el que se dan los procesos a evaluar. Es cierto que la tecnología ofrece un margen de maniobra, pero para efectos sociales no solo debe tomarse en cuenta el desempeño energético de una forma, sino también la coherencia entre el desempeño de la forma y la imagen mental de la misma (Adams-[1975] 1983: 229) socialmente sostenida. Ningún individuo piensa exclusivamente por sí sólo, sino como parte de un colectivo. Así también una forma es parte de un sistema sociocultural, y es la configuración total de ese sistema la que confiere el sentido -la eficacia simbólica- a una determinada configuración de formas energéticas sociales. A la hora de evaluar un sistema productivo, por ejemplo, tiene que tomarse en cuenta el objetivo¹³ al que sirve la producción y este objetivo tiene que ver con la reproducción social de una comunidad. La pregunta por la eficacia es cómo contribuye un proceso energético a la reproducción de la sociedad como un todo. Por ejemplo, si una determinada tecnología margina la mano de obra humana a favor de las máquinas, entonces la pregunta es de fondo. Es cierto que la tendencia evolutiva es a aumentar el procesamiento de energía. Desde muy temprano, las sociedades humanas encontraron el modo de aprovechar los flujos de energía no humana, y actualmente las sociedades de "alta energía" utilizan esta energía en proporciones descomunales. Ahora bien, nada impide que estos procesos de autoorganización tengan un "rostro humano". Más arriba argumenté que la evaluación de la eficiencia energética depende de cómo y dónde se haga el corte de un proceso productivo. Este corte se hace siempre de acuerdo con un determinado propósito, que depende, a su vez, de una escala de valores culturalmente determinados.

¹³ Georgescu-Roegen resume este objetivo en tres palabras: *enjoyment of life*. "Si no se acepta esto, entonces tiene que admitirse la conclusión, a todas luces absurda, de que el único resultado de los procesos energéticos es la entropía, la muerte térmica del cosmos" (1996: 58).

Podemos dividir, entonces, el problema de la eficiencia energética en dos partes, tal como lo sugiere Adams (1983: 229): por una parte tenemos *el desempeño energético de una forma* y, por la otra, *la coherencia entre ese desempeño y una determinada imagen mental o cultural* de dicha forma. Por lo que se refiere al desempeño energético, la termodinámica lo tiene todo dispuesto. En cuanto a la "imagen mental, cultural" la antropología tiene mucho que decir y otro tanto que investigar. La mayor parte de los problemas relacionados con la eficiencia así concebida se puede resumir como el arte de lo posible; y, tratándose de arte, no hay un estilo universal que pueda imponerse. En el contexto de las leyes de la termodinámica, la eficiencia tiene que ver con las reglas de procesamiento de la información propias de un determinado proceso de autoorganización. En el caso de las sociedades humanas, el procesamiento de la información cuenta con un ingrediente especial, el de la información cargada de significados. Los significados y valores no son un misterio afianzado en el más allá. Son imágenes mentales preñadas de sentido (*gestalts*) que nos orientan en nuestros esfuerzos por adaptarnos a nuestro mundo, como dice Bateson (1966: 42). La idea general del valor se basa en la noción del ordenamiento, y el ordenamiento de los asuntos humanos siempre implica algún criterio no cuantificable. El ordenamiento establece una jerarquía de prioridades, implica un juicio de valor y asigna arbitrariamente un significado (Adams 1983: 185). Los cálculos de la eficiencia tecnológica o económica de los sistemas de producción no deben absolutizarse. Deben verse en relación con el problema del apuro entrópico ("el tiempo es energía") y la cuestión de los valores, que en el fondo no es otra que la del "disfrute de la vida"; de todos modos este disfrute implica un desperdicio de energía inaudito que los humanos ponemos por encima de todo lo demás.

Los economistas neoliberales manejan la eficiencia económica como un oráculo, como un criterio último para demostrar la veracidad de su dogma básico, según el cual un solo sistema económico es bueno para todos. El objetivo de la vida en este caso, el valor máximo, es la competencia. El argumento de fondo es que ese sistema, el del libre mercado, conduce a un dominio creciente de la naturaleza. Los resultados de tal "dominio" están a la vista.

Veamos como ejemplo los cálculos de la eficiencia de la producción de alimentos desde el punto de vista de la energética, antes de ver el uso que se les da en el contexto de la economía de mercado. Pimentel (1981) reúne cálculos de productividad en distintos sistemas de producción en el mundo. Según sus datos, un agricultor produce a partir de una caloría de insumo 12 calorías de alimento,

mientras que un campesino¹⁴ del tercer mundo produce por la misma cantidad de insumo 1.5 calorías de alimento. ¿Es realmente posible producir 12 calorías por una de insumo? ¿No sería esto un milagro? Si admitimos que producir no es lo mismo que crear, entonces no hay problema. Es preciso, sin embargo, recordar que las fórmulas de productividad toman en cuenta un par de parámetros como referencia y prescindan de todo lo demás. En el caso comentado, el parámetro es la hora/hombre. El rendimiento también puede calcularse por hectárea, por tipo de suelo, por cantidad de abono o por cualquier otro insumo. En México, por ejemplo, las parcelas de temporal de maíz rinden en promedio una tonelada por hectárea, mientras que las parcelas tecnificadas y con la infraestructura de riego producen de 10 hasta 20 toneladas de maíz por hectárea. La diferencia es grande. ¿A qué se debe esta diferencia y qué significa?

La diferencia obedece a que un agricultor moderno utiliza maquinaria, abonos artificiales, semilla "mejorada", infraestructura regional (caminos, gasolineras, electricidad) y subsidios y garantías de todo tipo. Si vemos la producción de alimentos de los países desarrollados en el nivel nacional, nos damos cuenta de que su agricultura depende por completo de la industria asociada, que produce maquinaria y agroquímicos al por mayor y cuyos precios son "competitivos". Son los gobiernos los que garantizan combustibles baratos, procuran subsidios, ofrecen seguridad jurídica, apoyo fiscal, precios de garantía y seguros que compensan los riesgos. Así mismo, las políticas del Estado favorecen la exportación de los productos agrícolas a precios de *dumping*. En cambio, los campesinos de los países pobres no cuentan con ninguna de estas ventajas. ¿Significa esto que son ineficientes, mal adaptados o históricamente rezagados?

Lo único que demuestran las comparaciones entre los sistemas productivos modernos y los tradicionales, es el grado de abandono por parte del Estado de la agricultura campesina en aras de las preferencias y presiones del sistema global. Retomaré este planteamiento en mi exposición de datos sobre la región campesina estudiada. Lo que quiero hacer notar aquí es que la eficiencia o productividad sólo se puede medir recurriendo a algún parámetro específico, pero que tal cálculo no proporciona un criterio definitivo para evaluar la calidad de la adaptación de un sistema de producción a su entorno ecológico ni a su entorno económico global. Dado que cualquier cálculo de la eficiencia se basa en una cierta simplificación, está

¹⁴ Distingo aquí entre "agricultor" y "campesino": el primero utiliza tecnología intensiva en insumos artificiales y produce para el mercado, mientras que el segundo se vale del trabajo vivo y herramientas simples, y produce con miras al autoabasto.

lejos de constituir un criterio para establecer el nivel de desempeño energético, ecológico y social de un sistema.

Los criterios de eficiencia deben manejarse en el contexto de la dinámica energética a la que está sometido todo sistema termodinámicamente abierto. Esa dinámica se impone a partir del apremio entrópico. La entropía indica la dirección del tiempo. La pregunta de cuánta gente y durante cuanto tiempo puede vivir en un determinado medio sin modificarlo de modo irreversible se puede responder a partir de criterios puramente técnicos; sin embargo, la respuesta tiene que insertarse de nuevo en la realidad de la que fue extraído el dato. Los valores no son ajenos a la dinámica energética, ya que son parte de los procesos de autoorganización.

La diferencia entre los sistemas de producción tradicional y los industrializados en un sentido es radical: la agricultura moderna trabaja en el contexto de flujos de "alta energía" y la agricultura tradicional, en el de flujos de "baja energía" (véase el Glosario). La comparación debe tomar esto en cuenta. Al igual que en el caso del interruptor, el cálculo de la eficiencia depende de dónde hagamos los cortes del proceso productivo. La agricultura industrializada demanda mucho más recursos que la tradicional y arrasa con el medio mucho más rápidamente que esta última. La agricultura industrializada sólo es rentable gracias al petróleo barato. Al preguntarnos cuál es la más eficiente o la mejor, debemos inquirir por el objetivo social al que sirven. Más específicamente, la pregunta correcta sería *¿de qué manera contribuye un determinado uso de la energía a la reproducción de un conjunto social?* La respuesta debe tomar en cuenta que un sistema energético es poderosamente constrictivo, que sus elementos están trabados entre sí de tal manera, que la remoción de uno de ellos afecta a los demás. Si queremos implementar un cambio debemos descender, hacia las profundidades de la "genética del sistema", esto es, entender y manejar los mecanismos de regulación que están en la base más recóndita de la cultura.

Para acceder a estos mecanismos deben elaborarse herramientas conceptuales y mediciones específicas. Una de ellas es la relación entre el flujo regulador y el flujo sustantivo (la tasa detonador/flujo). Se trata de una versión ampliada de los cálculos de eficiencia basados en la proporción insumo/producto. Esto se conoce en economía como el cálculo de los costos de producción. Sólo que en general estos se reducen a los cálculos monetarios. El cálculo puramente economicista ("el tiempo es dinero") de la eficiencia distorsiona mucho el panorama porque inhibe una visión de largo alcance. La tasa detonador/flujo es una herramienta más útil para comparar diferentes sistemas de producción a partir de un

criterio más amplio, el de la supervivencia a largo plazo. Es así como aparece el problema de cómo incorporar los flujos reguladores sociales que dependen de los elementos simbólicos, es decir, del procesamiento de la información por medios humanos en el análisis. En la parte etnográfica del presente trabajo describiré un agroecosistema local como el escenario de conversiones energéticas, exponiendo sus mecanismos de regulación socialmente establecidos.

5.5 Evolución es un concepto contradictorio

La ley general de la evolución es la segunda ley de la termodinámica. Esta ley constata que la energía no es renovable: no se puede quemar dos veces el mismo leño. Una vez quemado, hay menos energía libre en el mundo y no existe poder alguno capaz de revertir ese hecho. Se puede obtener otro leño, pero sólo al costo de disipar más energía. Hay que salir otra vez a buscarlo y hay que ir cada vez más lejos, debido a la ley de rendimientos decrecientes, cuyo fundamento es la ley de la entropía. Existen en el universo fuentes inagotables de energía, el problema es su disponibilidad y costeabilidad. Los seres humanos no dependen de la energía en estado puro, sino de formas energéticas de baja entropía de muy diversa naturaleza y composición, cuya energía ya fue procesada con anterioridad. Efectivamente, las sociedades humanas captan la energía de otros sistemas o, más precisamente, se constituyen como flujos de energía ya encauzada y parcialmente degradada por otros sistemas. La energía de la que dependen las sociedades humanas las pone en una situación de apremio en el sentido de que las obliga a moverse cada vez con más rapidez.

La evolución, "un camino sin retorno para todos", se debe a que la entropía en un sistema cerrado aumenta. La evolución se da sólo cuando ingresa al sistema más energía de la que el mismo degrada. Eso también se refiere a los sistemas llamados autosustentables. Los sistemas disipativos solucionan el problema de la supervivencia transfiriendo parte de la entropía al medio e incorporando energía de manera cada vez más eficiente a sus ciclos. Para conjurar el déficit entrópico crónico no tienen otra manera de proceder sino la de allegarse cada vez más formas de baja entropía. En un sistema cerrado, como lo es la biosfera terrestre y como lo son en mayor o menor medida los ecosistemas que la componen, esto lleva hacia los estados estacionarios. Esto es así porque la disponibilidad de energía útil, de

materiales e información (formas de baja entropía), es limitada. Si bien la cantidad de energía en el mundo puede ser infinita, lo que escasea son las formas energéticas de baja entropía. Este es el *quid* de la cuestión.

Se puede disminuir entropía en un lugar, pero no sin provocar más desorden en otras partes. Tener presentes las leyes de la termodinámica previene contra falacias tales como las de pretender “producir más de lo que se consume”, fabricar medios de transporte que “no contaminan”, “mejorar el ambiente” (*sic*), pintar los taxis de color verde para que sean “ecológicos” y cosas por el estilo. Gran parte de la retórica del “desarrollo sustentable” se basa en pensamiento defectuoso, que no toma en cuenta el hecho más elemental de la vida: que todo “avance”, en la dirección que sea, se paga con el desgaste del medio.

Cuando se habla de sustentabilidad, no debe olvidarse que ningún sistema puede mantener su producción constante durante un tiempo indeterminado. Un sistema puede crecer y reproducir las condiciones de su existencia sostenidamente (sin devastar el medio) sólo hasta cierto punto. Este punto es el estado estacionario, el estado de máxima eficiencia energética y mínima producción de entropía. ¿Pero cómo es posible, entonces, que se defina la evolución como un *aumento* o la mejora en la eficiencia entrópica? ¿No sería el estado estacionario un callejón sin salida? En un sentido lo es, y proponerlo como la base del “desarrollo” es un subterfugio. La contradicción que se da en el seno del concepto de evolución es entre la retención de características favorables y la búsqueda de nuevas asociaciones energéticas. ¿Cuál es el elemento mediador?

Es la selección. Los sistemas adaptativos trascienden los límites de su crecimiento al acoplarse con otros sistemas. Con esto deben sacrificar una parte de su autonomía en aras del “bien común” que representa el sistema inclusivo mayor. Un sistema adaptativo puede redefinir sus fronteras (a través del comportamiento, el cambio fisiológico, el cambio en el código hereditario). Las sociedades humanas, con su amplia gama de controles, son expertas en evadir los límites del crecimiento que imponen localmente los ecosistemas. La evolución social permite aumentar notablemente la captura de formas de baja entropía disponibles en el ambiente por medio del ensamble de formas preexistentes en formas novedosas. Este fenómeno ocurre mediante la ampliación de los controles a partir de los códigos que procesan la información, mediante la construcción de estructuras. El ser humano tiene una percepción más rica de la realidad que los demás seres vivos y de ahí desarrolla una serie de necesidades nuevas. La percepción más amplia no es tanto una cuestión de individuos y sus cerebros, sino de conglomerados sociales a los que pertenecen esos

individuos: percibimos el mundo como miembros de una sociedad, obteniendo y depositando la información en las instituciones sociales, con lo cual desarrollamos herramientas cada vez más eficaces para el procesamiento de la energía.

La evolución no es simplemente el aumento en el consumo, sino en el consumo que resulta de alguna manera productivo. No evoluciona aquel sistema que más energía consume, sino el que la consume de tal modo que aumenta su capacidad de supervivencia. El sistema que más energía consume produce más desechos y eso no es algo que se pueda alegar como la causa de la evolución. El éxito de la sociedad industrializada en procesar cantidades crecientes de energía puede dar la impresión de que su dependencia del medio queda superada, y de que la capacidad de sustentación no la incumbe. Ese es un error de percepción muy grave y, por lo demás, sumamente peligroso por unilateral, simplista y hasta autodestructivo.

El problema de un sistema evolutivo (termodinámicamente no aislado) es cómo incrementar la degradación de la energía que le llega y no morir en el intento. Los conceptos que tratan de abordar esta contradicción se obtienen a partir de opuestos binarios, pero no siempre estamos conscientes de esto. Cuando decimos "autoorganización", debemos pensar en una entidad que tiene un ciclo de vida entre el nacimiento y la muerte; cuando decimos "sistema cerrado", debemos pensar que también está abierto; cuando decimos "mantenimiento", debemos pensar en la perpetuación y la reproducción que implica desgaste; cuando decimos "adaptación", debemos pensar en la adecuación y la evolución; cuando hablamos de "evolución", debemos pensar en el cambio y la permanencia. Estas cuatro características, la autoorganización, la clausura operativa, la reproducción y la adaptación, las comparten todos los sistemas dinámicos, los prebióticos, los orgánicos y los sociales. El concepto de evolución implica autopoiesis y neopoiesis, conservación y creatividad, construcción y destrucción, determinismo y casualidad, necesidad y azar, cambio gradual y cambio catastrófico, éstasis y especiación, fase constitutiva y fase inducida, estado estacionario y fluctuaciones, homeostasis y adaptabilidad, clausura operativa y apertura de fronteras, reproducción simple y reproducción ampliada, crecimiento y "desarrollo", sustentabilidad y "progreso". Temas estos que fueron discutidos en la parte teórica del presente trabajo. Con esta reflexión cierro esta parte y paso a las cuestiones empíricas.

6 El modelo

El objetivo del presente trabajo es elaborar y poner a prueba un modelo de la dinámica evolutiva de la sociedad en relación con su ecosistema. En este capítulo resumo las ideas teóricas desarrolladas en la primera parte que inciden en las características del modelo. Todo ecosistema, junto con la sociedad humana que actúa dentro de sus límites, siendo una estructura disipativa, puede concebirse como una serie de flujos energéticos interrelacionados, que se activan o inhiben mutuamente a distintos ritmos. La hipótesis general es que las formas energéticas que se combinan para integrar estructuras disipativas mayores resultan de muchas maneras autorreguladoras. El modelo debe permitir la identificación de estos flujos y facilitar la descripción de la dinámica evolutiva de los mismos. En el presente caso el modelo se refiere a la autoorganización de un vehículo de supervivencia.

6.0 Resumen de ideas teóricas relevantes para el modelo

Suele pensarse que la evolución es un proceso de largo alcance, una cuestión de eones, y que a corto plazo no sirve como marco teórico de referencia. Sin embargo, los tiempos evolutivos se miden en ciclos de diferente duración, ya sean largos ya sean cortos, en los que un proceso funge de reloj para el otro. (El "tiempo objetivo" newtoniano no es más que una entelequia.) Los compases evolutivos de los diferentes ciclos tienen diferentes ritmos.

Sin duda alguna, un navegante no precisa conocer la evolución de los mares; le basta con la geografía real. Sin embargo, esta afirmación no serviría de nada si la geografía terrestre evolucionase tan rápidamente como la del mundo económico [y social]. El ritmo evolutivo de las «especies» económicas (medios, fines, relaciones) es mucho más rápido que el de las especies biológicas (Georgescu-Roegen 1996: 395).

Efectivamente, el navegante no necesita saber de la evolución de los mares; tampoco de la evolución de los astros. Pero, para no perderse, tiene que saber de la evolución del clima, de las corrientes marinas, de los mercados y de los demás factores que operan en su mundo. Lo que Georgescu-Roegen llama «especies económicas» equivale, en la teoría del poder social de Adams, a «formas energéticas». Donde Georgescu-Roegen dice «reloj», debe leerse «mecanismo de regulación». En la naturaleza todo intercambio es cuestión de ritmos. Para identificar un objeto evolutivo hay que pensarlo como forma energética y describir su estructura de controles como el conjunto de mecanismos de realimentación que operan dentro de los límites de un determinado tiempo de repetición.

El mapeo mental que hacemos de los flujos energéticos que interactúan para formar los vehículos de supervivencia es algo aplicable a todos los procesos de selección. No sólo los seres humanos hacemos mapas (modelos de la realidad), lo hacen todas las formas energéticas autorreplicantes. Esto es así porque en el trasfondo de los procesos evolutivos opera una especie de preselección termodinámica: todas las formas autopoieticas —entre ellas los seres humanos— subsisten gracias a la capacidad de clasificar las formas energéticas entre las de baja y las de alta entropía. Todo sistema complejo cuenta con su modelo, con aquella representación codificada de la realidad que el mismo sistema retiene para su uso particular como operador. La siguiente cita resume la idea.

Las formas y los flujos energéticos que se combinan para formar estructuras disipativas resultan ser de una u otra manera autorreguladoras. Una manera de concebir esta capacidad de las estructuras disipativas es la de diferenciar ciertos flujos energéticos (generalmente los microflujos, pero no exclusivamente éstos), que se encargan de tareas específicamente reguladoras. En la teoría de jerarquías (Pattee 1973) estos se llaman *procesos descriptivos*, como —por ejemplo— los que están involucrados en la operación de los genes. Los genes transportan planos o patrones que dirigen el crecimiento y ciertas conductas, tales como las de mecanismos reguladores que responden a las perturbaciones ambientales. Ahora bien, si una determinada estructura disipativa está en estado estable, ello depende de la acción de los mecanismos reguladores, los que a su vez pueden considerarse como estructuras disipativas (Adams 1982: 19, traducción mía).

El modelo así entendido es una autodescripción del sistema, que surge en el proceso de autopoiesis y no es otra cosa sino el conjunto de mecanismos de regulación que operan sobre el flujo sustantivo. Es la *estructura útil* de Lévi-Strauss, la *mente* de Bateson, la *memoria* de Prigogine, el *mapa* de Korzybski, la *información orgánica* de Brooks y Wiley, el *algoritmo darwiniano* de Calvin, los *procesos descriptivos* de Pattee, los *procesos mentalísticos* de Adams. En todos estos casos por modelo se entiende el juego de realimentaciones que permiten al sistema enfrentar los retos de la supervivencia y proyectarse hacia el futuro (véase el apartado 4.3). En el terreno cognitivo por modelo se entiende un constructo teórico formulado para los fines de una determinada investigación. Es importante advertir que el modelo en sí es una forma energética, especializada en el procesamiento de información (Adams 1982), pero que no pierde su naturaleza física. En cada caso de transmisión de información (de un *trasforma*, según Bateson), ya sea genético, fisiológico, conductual, económico, social, cognitivo, interviene un código específico, o varios de ellos: el modelo siempre está formulado en términos de alguno de estos códigos.

Podemos decir, entonces, que el modelo como herramienta de investigación trata de averiguar aquel modelo que contiene el propio sistema para operarse a sí

mismo.² ¿Cómo averiguar este modelo? Ningún sistema cede la información sobre sí mismo de manera gratuita. La investigación es el precio que se tiene que pagar por obtenerla. Ahora bien, la investigación no reconstruye aquel "verdadero" modelo que el sistema retiene para su funcionamiento. Lo que hace el investigador es imaginárselo en sus propios términos y luego indagar en qué medida coincide con el modelo que el sistema guarda para sí. Por ejemplo, el desciframiento de la estructura genética de un organismo no produce una réplica de los mismos genes, sino que se traduce en ciertas imágenes mentales o símbolos de lo que nos imaginamos que sean aquellas macromoléculas llamadas genes y de las funciones que cumplen. Estas imágenes se pueden compartir gracias a que es posible "transvasar" la información de un "recipiente" a otro cuando es posible compartir los códigos. Se puede depositar la información en los enlaces químicos, sobre el papel, en una computadora, en una institución social, etcétera. Al traducir la información de un sistema a otro muchísima de ella se pierde y de muchas maneras a manos de entropía, de ahí que el proceso cognitivo, aparte de costoso, es lento e incierto.

Ahora bien, la información no es una simple acumulación de bits. Obtenemos información significativa cuando los hechos se ajustan a un modelo preconcebido. Sabemos que nunca se ajustan del todo, razón por la cual se inventan tantos modelos de una misma cosa. Hasta qué punto el modelo que elabora el investigador corresponde al modelo que el sistema tiene de sí mismo es un asunto crucial para entender la naturaleza del conocimiento humano.

En una investigación antropológica tratamos de averiguar qué es lo que la gente tiene en la cabeza y cómo a partir de los modelos mentales, institucionales, culturales están estructurados los vehículos de supervivencia. Nadie tiene el acceso directo a la realidad en sí, ya lo dijo el filósofo, mucho menos a la "realidad" mental de las personas. El investigador no obtiene el modelo que un conjunto social tiene para sí, sino propone una hipótesis propia, a sabiendas de que los actores, los grupos, las instituciones, en suma, las unidades operantes, cuentan cada cual con la suya, codificada a su modo. La sociedad procesa la información a través de muchos modelos e instancias y el investigador construye los suyos para ver hasta qué punto coinciden.³ Por otra parte, nadie, ningún miembro de la sociedad, el investigador incluido, es

² James G. Miller, en un texto clásico sobre los sistemas vivos (*Living systems* 1978), observa que el mecanismo regulador no es otra cosa sino una imagen miniaturizada del mismo sistema que regula.

³ Un resultado de todo esto es que siempre habrá cualquier cantidad de hechos que confirmarán cualquier teoría. Un criterio para elegir entre modelos buenos, regulares o malos es el de su "economía", esto es, a partir de la sencillez de la explicación.

capaz de abarcar la totalidad de los hechos y reconstruir el modelo que opera en cada caso para una sociedad en conjunto.

Así, un modelo es parte del procedimiento más vasto que realizan en su mente tanto los miembros de la sociedad como el investigador. El modelaje obedece a una especie de ley de embudo: primero tenemos una visión del mundo, luego buscamos la gran teoría, después diseñamos el modelo propiamente dicho, con el cual elaboramos las hipótesis de trabajo. Posteriormente se escogen los métodos y las herramientas de investigación. Con todo esto se construirán los hechos. El punto es que antes hay que dar pasos previos. El primero de estos pasos consiste en acogerse a una lógica, a las reglas de una racionalidad, que en el caso del presente estudio es la termodinámica de procesos irreversibles. Recurrí a un trabajo seminal de H. J. Hamilton (1977) para vincular los procesos de selección termodinámica con una epistemología evolucionista. La evolución es ese mapeo mental que hacemos de las interconexiones entre los procesos físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales (Georgescu-Roegen 1971). Las hipótesis de trabajo (véase el apartado al final del presente capítulo) están formuladas en términos del modelo de tipo *trigger/fow* de la energética de Adams. El concepto de mecanismo regulador se refiere a la estructura mínima de una forma energética en evolución.

6.1 Definición de la estructura

Uno de los conceptos socorridos para la formulación de modelos es el de "estructura" junto con el de "proceso". A primera vista parece que la estructura es lo contrario del proceso, como si fuera su contraparte atemporal. Se dice que la estructura permanece mientras la energía fluye. ¿Significa esto que la estructura está hecha de una sustancia inmune al tiempo? ¿Qué nos puede decir al respecto la termodinámica? Que el tiempo es irreversible, que realmente transcurre y transcurre en una determinada dirección, que —en suma— es irreversible. La irreversibilidad de los acontecimientos energéticos es estructural, esto es, está fuera de control.

Pero simultáneamente utilizamos el concepto de estructura en otro sentido. La estructura es aquel aspecto del proceso que permite repeticiones en el tiempo, la autopoiesis.⁴ Maturana y Varela sintetizan su propuesta teórica de *autopoiesis* de la siguiente manera: "Una máquina autopoietica es un sistema homeostático que tiene

⁴ Cómo es que las cosas se repitan, o parecen hacerlo, siendo el tiempo irreversible, es un verdadero reto para la inteligencia humana. ¿Será el tiempo "tan sólo una ilusión" o será que nada sucede dos veces? ¿Debemos contentarnos con que las cosas sucedan de manera más o menos parecida?

a su propio ordenamiento como la variable que mantiene constante" ([1973] 1997: 69). Esta es una manera de solucionar la contradicción aludida, según la cual la estructura se nos muestra a veces como proceso y el proceso, a veces como estructura.

La dicotomía estructura/proceso está presente de muchas maneras en los conceptos básicos de la energética. Así, "evolución" se define como una "estructuración de procesos autorreplicantes". Del mismo modo, el término "estructura disipativa" pretende reconciliar la permanencia con el cambio, el ser con el devenir, el orden con la disipación. Que la estructura "permanece" quiere decir que la energía, los materiales y la información fluyen a través de unos arreglos (por cierto también cambiantes). Lo que permanece, pues, es el proceso: las formas se perpetúan a través de la interacción continua entre las partes. Al reproducirse las formas, se producen las variantes, y es así como se suministran los componentes para la selección.⁵

Es nuestra mente la que tiene una tendencia a reificar los procesos, esto es, convertir acciones o secuencias de sucesos en conceptos y luego en cosas. Decimos que "todo fluye", pero nombramos "río" a la corriente. Así, los procesos evolutivos se perciben como estructurados. Las relaciones entre los sucesos los convertimos mentalmente en sustancias. Hegel dijo que la sustancia no es más que "el conjunto de sus accidentes". De modo que la estructura no es algo que exista independientemente de los actos que la constituyen; no es algo que primero existe y luego actúa, como lo haría un espíritu.⁶

Pasemos ahora a los asuntos humanos. Así como cualquier otra estructura, también una sociedad "debe practicarse y ejecutarse para que pueda retener alguna continuidad y coherencia" (Adams 1995: 43). En las relaciones humanas el poder que no se actúa, deja de influir. Un buen ejemplo de una estructura es la reciprocidad: la sociedad se va haciendo en la medida en que se ejecutan los actos de intercambio (materiales, informáticos, simbólicos). Con el término de "estructura" nombramos algo que no es más que una interacción repetitiva. Resulta

⁵ En el capítulo anterior he argumentado de que la autopoiesis consiste en "reproducción simple" (perpetuación cotidiana de las condiciones de vida), mientras que la evolución propiamente dicha es la "reproducción ampliada" (aparición de novedades evolutivas).

⁶ La estructura como un mero fluir suele objetarse que en dónde está cuando no hay acción. La pregunta tiene sentido en el contexto del tiempo newtoniano, el tiempo que transcurre por sí sólo, aun cuando no sucede nada. Pero sólo los sucesos tienen tiempo. Ningún reloj mide el tiempo absoluto, sino el suyo propio y, por otra parte, cada proceso evolutivo tiene su propio reloj. Cuando no hay acción, no hay nada.

que la sociedad consiste en una gran cantidad de intercambios a distintas escalas entre distintas unidades. El resultado de la reciprocidad es la "comunidad". (Se entiende aquí la reciprocidad no en el sentido de obligación moral, sino como una especie de "instinto social", esto es, un procesador de información.)

La dicotomía estructura/proceso da cuenta de la formación de sistemas dinámicos desde los niveles prebióticos, pasando por los biológicos, terminando con los sociales. Los genes producen proteínas; sobre esta base, las proteínas se ensamblan en citoplasma, luego, las células se conforman en tejidos y órganos; los órganos, en aparatos; y estos, en organismos. Sobre una serie de acontecimientos de naturaleza química, se remonta la fisiología de un organismo; los organismos, a su vez, desarrollan un nivel conductual de relaciones recíprocas formando grupos sociables. Los grupos de individuos, como "bloques de construcción" hamiltonianos del siguiente nivel, continúan el proceso.⁷ Al igual que los ecosistemas, las sociedades humanas se constituyen en conjuntos de formas orgánicas e inorgánicas. El proceso no es lineal; como ya se ha dicho, es un proceso complejo (véase *complejidad* en el glosario).

En el terreno de lo social "la química" de las entidades operantes está dada por la reciprocidad. En el caso de sociedades de animales dotados de un sistema nervioso más elaborado que el de los insectos sociales la capacidad de comunicarse a través de los mensajes conductuales y simbólicos (además del instinto) permite ensamblar formas energéticas cada vez más incluyentes. La evolución social humana suele fecharse a partir de la elaboración de herramientas exosomáticas.

En resumen, las estructuras consisten en acciones repetitivas; éstas se ejecutan a partir de una memoria (química, fisiológica, conductual, social, económica, tecnológica, ecológica, cultural), que no es otra cosa sino un conjunto de mecanismos de realimentación a futuro.

Ahora bien, esta afirmación debe extenderse a todas las formas energéticas que tienen relaciones de realimentación entre sus partes y con su medio, las que Bateson veía como dotadas de una "mente". Sin interacción entre formas energéticas no habría

⁷ Darwin demostró que todos los seres vivos tienen un origen común. Extender esta idea a los sistemas prebióticos plantea ciertos problemas. En el nivel de la evolución física tuvieron que generarse antes los subcomponentes más simples, en cantidades de miles de millones, para que después puedan combinarse en componentes más complejos. Y bien, ¿dónde están estos componentes? Las únicas moléculas autorreplicantes que conocemos están muy uniformadas y sólo sobreviven dentro de las células de los organismos. La pregunta llevó a Francis Crick (uno de los descubridores de la estructura de ADN) a decir en 1980 que tal vez estos bloques de construcción primitivos están en otros planetas y aquí fueron sembrados ya hechos.

estructuras. Las formas energéticas que son adaptativas realizan comparaciones en el sentido en que discriminan, clasifican y eligen. Como mínimo, una estructura adaptativa debe ser capaz de distinguir entre la entropía baja y la entropía alta, si quiere sobrevivir. En el caso del ser humano la capacidad de clasificar y elegir es algo más intrincada, pero tampoco es exclusiva de él. Un avión dotado de piloto automático vuela igual, y para ciertos efectos mejor, que cuando lo maneja el piloto en persona. El mapa que lleva el artefacto en su memoria le permite comparar la trayectoria real con la ideal (el modelo) e implementar correcciones sobre la marcha. Las máquinas dotadas de controles cibernéticos son capaces de efectuar comparaciones, pero no porque sean obras de una inteligencia privilegiada, sino porque son un caso especial de autoorganización de sistemas adaptativos. Podemos decir, entonces, que todos los procesos autopoiéticos (ejemplificados en las reacciones autocatalíticas, las moléculas autorreplicantes, los organismos biológicos, las comunidades, los ecosistemas, las sociedades de sociedades) cuentan con sus propios mapas o mecanismos de control. El fenómeno se resume en el concepto de estructura/proceso: los sistemas complejos hacen comparaciones a partir de un modelo "ideal" de sí mismo que adquirieron y perfeccionaron a lo largo de su trayectoria evolutiva.⁸ El modelo así concebido es una característica ubicua o propiedad extensiva del sistema, de modo que la pregunta *dónde está* la estructura es una pregunta ociosa. El modelo en cuanto tal es una realidad "procesual" o virtual, por así decirlo.

La idea de que cuanto encontramos en la naturaleza (y por extensión en la cultura) es resultado de episodios de transmisión individuales de energía, materiales e información es una vieja idea filosófica, cuyos orígenes pueden rastrearse hasta Heráclito. Desde la filosofía clásica se está perpetuando una querrela sin fin entre los idealistas y los materialistas por este asunto. La puesta al día de esta discusión es la que se da ahora en el constructivismo, el cual se opone al esencialismo. El concepto de estructura *como* proceso es parte de una epistemología evolucionista. El conocimiento

⁸ La energética tomó en préstamo algunas herramientas del estructuralismo levistraussiano, pero el manejo del concepto de estructura *como* proceso en este caso no tiene que ver con la búsqueda de "estructuras profundas", "estructuras elementales" ni de una "Ur estructura", que sería la estructura primigenia del universo, conceptos que sí figuran en el programa estructuralista. Las estructuras que busca la energética son temporales y locales, no dependen de una entidad abstracta que se manifestaría en ellas, sino de un subsidio de energía complementaria y duran mientras dura aquel. Si decimos que lo que permanece es el proceso, también decimos que este proceso no se repite con entera precisión: una estructura disipativa es como máquina no trivial, la que después de una vuelta ya no es la misma. Todo depende en qué términos definimos una "vuelta" o un ciclo. Véase el concepto de *adaptación*.

es una construcción histórica y social, que se efectúa mediante los procesos de comunicación en los que intervienen medios tanto humanos como no humanos.⁹

Entender la estructura como resultado de procesos de confluencia de varias formas/flujos energéticos permite enfocar la actividad humana en un ecosistema. Tomemos como ejemplo la agricultura. El suelo agrícola está compuesto por elementos fisicoquímicos y orgánicos en interacción que ocurren en distintos tiempos. Los procesos primarios de formación de minerales se miden en cientos de años, algunos hasta en milenios. La formación de materia orgánica es cuestión de años y meses. La disolución de nutrientes en el agua y su transportación es un proceso que dura horas, tal vez minutos. Los procesos metabólicos de los microorganismos que habitan el humus dependen de los procesos fotosintéticos de las plantas verdes y éstos dependen, a su vez, del ritmo diario de insolación, del régimen de lluvias estacional y de los ciclos ecológicos de acumulación de carbono, nitrógeno y otros más (véase Cox y Atkins 1983: 265). Siendo la agricultura el acoplamiento de una serie de sistemas reproductivos que trabajan a distintos ritmos y dada la naturaleza fluctuante de los flujos que los alimentan, los modelos para abordarla no pueden ser más que de estocásticos.

En el terreno de las realidades sociales es la cultura (entendida ésta como una nueva dimensión del ambiente) la que permite la confluencia de una cantidad impresionantè de procesos reproductivos y de formas de distinta naturaleza. Por ejemplo, los ciclos reproductivos biológicos de la unidad doméstica campesina se tienen que sincronizar con los ciclos económicos de la producción del sustento de la misma, y éstos a su vez deben conjugarse con los ciclos ecológicos que impone el medio. La conjunción entre los ciclos económicos y los ecológicos, a su vez, tiene que ver con los ciclos sociales de formación de familias, linajes, comunidades, etnias, y así sucesivamente. En distintos niveles de articulación/integración aparecen distintos tiempos de intercambio.¹⁰

⁹ Como si fuera la última moda, el constructivismo he ha vuelto popular y significa una variedad de acercamientos a la ciencia. Sismondo (1996) resume algunas variedades de *constructivismo social*, del cual es elegible el de la "construcción heterogénea", la que procede a partir de elementos heterogéneos. Otro autor lo denomina "constructivismo artefactual" (Demeritt 1998).

¹⁰ I think one can speak of more central or more profound structures, and more marginal and peripheral structures. One of the useful questions is what makes a structure more profound? I think one way to define this is in terms of the power of autopoietic processes that operate in it. The persistence of the structure presumably depends on the ability to reproduce itself. Thus genetic structures might regarded as more profound than cultural processes; the latter are more subject to change than are the former. Kin systems are more profound than agricultural production systems as they reproduce themselves every generation, generally irrespective of the weather; but the latter have to change to adapt

Con frecuencia podemos observar desfases entre estos ciclos, lo cual es parte del proceso de autoorganización.¹¹ Los ciclos naturales parecen bastante bien ajustados, pero aún así, suelen fallar; los ciclos sociales tienen un margen de ajuste mucho más amplio, ya que recurren a códigos basados en símbolos de fronteras borrosas.

Para el presente estudio propongo como unidad de análisis a una región, en que la autoorganización de la sociedad se da en el marco del ecosistema local. El proceso de autoorganización abarca ciclos diferentes que tienen su propia historia de reajustes. Los productos socioculturales de este proceso, tales como la lengua, la organización social, la tecnología, el mercado y los demás tienen que ajustarse entre sí hasta conformar una identidad propia del conjunto. Cada uno de estos procesos tiene cierta autonomía, pero también coinciden en una unidad operativa. Es como si la región fuera compuesta por distintos paisajes a los que corresponden distintos mapas, más o menos superpuestos, que concuerdan en algunos puntos de su topología y se disocian en otros.

La evolución, entonces, es una conjunción de ciclos que operan a distintas escalas. Las rutas de intercambio de energía, materiales e información conforman ciclos o ritmos que se miden con "relojes" (mecanismos de regulación) de diferentes tamaños o compases. Las estructuras son interacciones repetitivas y como procesos abiertos que son, se manifiestan en parte como autónomas y en parte, interdependientes. Las estructuras son comparaciones. No hay una estructura que explicaría todas las demás, no hay estructuras atemporales, tampoco hay estructuras perfectas.

Utilizaré el término de estructura para describir procesos autorreproductivos, que se dan en un espacio y tiempo concretos, y que son de distinto tamaño y duración. La mayor parte de estas descripciones serán puramente narrativas, pero en algunos casos me fue posible detectar marcadores susceptibles de medición. Para los efectos prácticos se puede decir que la estructura consiste en una determinada relación entre dos o más variables. Con este símil analítico en mente

to the weather. We could also speak of a climate-economic structure that might be argued to be more profound than either the weather or agriculture. (Dr. Adams, comunicación personal.)

¹¹ "Hay unas regiones que son resultado de un largo desarrollo histórico, y otras que nacen súbitamente, a raíz de un acontecimiento inesperado, que puede tener consecuencias a largo plazo, volverse un «trauma» regional." La "cronotopología" es un modelo que desarrolla Juan Pedro Viqueira (2002: 397) en el que propone como método el estudio de los *desfases*, cuyos principios no son otros que los de autoorganización de sistemas complejos. Sin embargo, el autor no estaría dispuesto reconocer la semejanza, ya que para él la autorregulación es una idea funcionalista, que junto con el determinismo, "son ilusiones recurrentes y dañinas en las ciencias sociales" (2002: 386).

describiré la “estructura de la localidad” como la matriz del agroecosistema en cuestión, el “sistema solar de mercados plaza” como un mecanismo de integración regional, la dinámica poblacional de la región y las distintas estructuras sociales (unidad doméstica, parentesco, comunidad, etnia) como mecanismos de regulación en el nivel local.

6.2 Estructuras de regulación

La evolución, como se ha dicho, es un proceso de expansión/contracción de energía, un proceso de multiplicación de estructuras disipativas, que ponen a trabajar la energía en el sentido en que involucran cada vez más flujos energéticos en sus ciclos. La expansión sociocultural humana es una de las facetas de este proceso. El estudio de la dinámica poblacional es parte integral de un modelo basado en la energética porque en los términos ecológicos *demografía es biomasa* y, en términos energéticos, soporte de estructuras complejas, en este caso, las sociales. Una observación contundente sobre la “expansión cultural” de Richard N. Adams ayuda a plantear el problema:

El proceso de vida humana normal es expansivo. La diferenciación hecha entre el crecimiento de la población y la evolución de la cultura es una disquisición académica, que se debe a diferentes instrumentos diseñados para estudiar las distintas facetas de la expansión humana. De hecho, la expansión cultural es una mera extensión de la expansión biológica y verlo de otro modo lleva rápidamente a la confusión, que es desafortunadamente muy común en la literatura. (Adams 1982: 27, traducción mía.)

La expansión energética es inconcebible sin estructuras de regulación. Cuando se habla de “mecanismo” de regulación lo primero que viene a la mente es un dispositivo mecánico, tal vez un aparato, o una máquina. En física, sin embargo, se usa el mismo término en un sentido muy diferente, lo cual puede desorientar al desprevenido. En la mecánica estadística se habla del “mecanismo” como de una *regularidad*: “siempre cuando hay algún grado de regularidad en el factor de conversión, se puede hablar de mecanismo” (Lotka 1921: 194). Cuando hay una proporción entre la cantidad de energía liberada y la cantidad de energía utilizada para liberar o inhibir el flujo, se trata de un mecanismo. Tenemos aquí un concepto sumamente abstracto, que no tiene nada que ver con la mecánica tal como se entiende en el lenguaje común.

Así también debe entenderse el mecanismo detonador [*trigger mechanism*]: como una regularidad en el funcionamiento de la forma energética o, mejor dicho, en el acoplamiento de las formas energéticas. El concepto de *mecanismo* describe la conjunción de dos flujos energéticos: un flujo sustantivo en proceso de liberación que

está "controlado" por un micro flujo, el cual lo libera de manera ordenada. El mecanismo detonador es la imagen mínima de cómo está estructurada una forma energética. La diferencia entre una forma energética y una estructura de regulación es una diferencia de grado, más específicamente, de grado de complejidad. Una estructura de regulación está compuesta por muchos flujos y muchos detonadores en diferentes niveles de integración.

Los detonadores son sustancialmente mecanismos de liberación/inhibición. No pueden crear un flujo de energía ni ampliarlo; tan sólo pueden detonarlo o inhabilitarlo. Se supone que las formas energéticas asociadas (la sustancial y la regulatoria) deben guardar ciertas proporciones. El flujo regulatorio se ajusta a la dimensión del flujo sustancial en virtud de la eficiencia energética; un disparador sólo puede, por así decirlo, abrir las puertas para que el flujo entregue alguna parte de su potencialidad (Adams 1982: 15).

El ejemplo paradigmático del mecanismo evolutivo es la selección natural (véase el apartado 4.1). Cuando Wallace en su famosa carta a Darwin indicó un paralelismo entre el regulador de la máquina de vapor y la selección natural, no estaba pensando en un equipo de ingeniería. Proponía una analogía cibernética de autorregulación. Otros ejemplos ilustrativos son el autocatálisis, la homeostasis y el climax ecológico. Son procesos de regulación típicos de un determinado nivel de integración, que indican la tendencia de las estructuras disipativas hacia el estado estacionario o algún otro estado alternativo (*atractor*). Todos estos fenómenos son resultados de la selección natural y, en el sentido más amplio, de la selección termodinámica.

Por último, ¿opera tal selección en el caso de las sociedades humanas? Si comparamos la evolución humana con la de otras especies, resalta a la vista que el ser humano percibe el medio de modo más complejo e interviene en él de manera más contradictoria, lo cual hasta puede dar la ilusión de que el ser humano sea capaz de imponer sus propias reglas sobre las leyes de la naturaleza e "invertir la entropía". Esto es una ilusión. La selección opera sobre todas las formas energéticas y éstas deben obedecer las leyes de la termodinámica por igual. En el caso específico humano se trata de vehículos de supervivencia sociales. El procesamiento de la información por medios humanos tiene sus ventajas y desventajas particulares e imprime una característica diferencial a la autoorganización, pero nada le permite sustraerse a las leyes fundamentales de la naturaleza.

La evolución sociocultural es esencialmente la historia formal del surgimiento sucesivo de estructuras disipativas cada vez más complejas y activas. Como señaló

Lotka, opera mediante la selección natural, ya que entre la variedad de estructuras emergentes se presentan las que logran procesar mayor cantidad de energía y estas tienden a tener ventaja sobre las que procesan menos. Con su habilidad para reducir mentalísticamente las complejidades, la evolución sociocultural humana parece estar destinada de manera específica, por algún tiempo todavía, a seguir funcionando en base a la estrategia de elaborar formas culturales más complejas a partir de formas menos complejas, impulsada por el hecho selectivo de que aquellos que no manifiesten expansión serán desplazados o marginados y pasarán a contribuir a los mecanismos que sean más exitosos (Adams 1978: 147).

La selección natural opera en todo caso por partida doble, la de las leyes naturales y las reglas de autoorganización. En el caso de los procesos sociales la autoorganización se da a través de estructuración mental. Es por esta razón por la cual nunca hay que perder de vista al individuo, pero este no es el único nivel en el que opera la evolución. Tanto en el ámbito biológico como en el social tenemos niveles de integración inclusivos que abarcan individuos, grupos, comunidades y sociedades de sociedades.

La cultura es el mecanismo *neopoiético* por definición. La concatenación de flujos energéticos que obedece a reglas de la autopoiesis cultural da como resultado sistemas que no están tan bien integrados como lo son los sistemas biológicos. Tal vez sea por el poco tiempo que tiene la evolución social en comparación con la biológica, que la integración y la eficiencia energética de las sociedades humanas deja mucho que desear. Los sistemas sociales humanos son ensambles que tienen algo de provisional, su procesamiento de información es engorroso y el desperdicio entrópico es considerable; en realidad, es un desperdicio nunca antes visto en un sistema vivo.

En la evolución de una sociedad se pueden advertir épocas de “estado *cuasi* estable fluctuante” interrumpidas por épocas de turbulencia, que suelen calificarse como fases de crecimiento y desarrollo. Como he argumentado en el capítulo anterior, el estado estacionario es un resultado estocástico de la fluctuación constante de todo proceso de autoorganización. Estos procesos no obedecen a propósito explícito alguno, es decir, no hay un plan preconcebido que los avale. Un patrón evolutivo surge sobre la marcha. El mecanismo o estructura de regulación se manifiesta como resultado de la dinámica estocástica, dinámica común a toda la naturaleza. Esta es la idea capital de la ciencia de complejidad. Es un vuelco teórico que permite retomar muchas ideas dispersas, entre ellas las de una vieja discusión que se dio en los inicios de la antropología ecológica de los años 70 sobre la sustentabilidad, que en aquel entonces se enfocaba como “capacidad de sustentación” [*carrying capacity*].

La ecología cultural de aquel tiempo estuvo marcada por la idea dominante de la regulación poblacional, observa Wood (1998: 101). Las revistas especializadas de la

época se llenaban de artículos sobre las prácticas culturales e instituciones concretas que se describían como encargadas de mantener el tamaño de la población dentro de los límites de la sustentabilidad de un determinado medio. Se buscaban mecanismos de regulación en el sentido literal, basados en causas próximas. Sin embargo, el fenómeno a explicar es de otro orden epistemológico y sólo puede explicarse en función de “causas últimas”, que son las causas de la selección.

Lo que no estuvo claro en el enfoque de la *carrying capacity* fue el por qué de estas prácticas e instituciones; esto es, no se había precisado el fundamento teórico de los fenómenos descritos. El argumento que se esgrimía ocasionalmente fue el de la sociobiología, según el cual las poblaciones que crecerían por encima de la capacidad de su medio, se extinguirían automáticamente. Se argumentaba que para no llegar a tales extremos interviene la astucia de la evolución, esto es, que el crecimiento pernicioso se inhibe de alguna manera. Este es en esencia el argumento de Wynne-Edwards (formulado en 1962), según el cual las especies cuentan con mecanismos de control poblacional basado en la *selección grupal* (véase el Glosario). Sin embargo, la pregunta es por qué medios podría imponerse el interés del grupo al interés del individuo. Al no encontrar ningún mecanismo de la selección grupal los biólogos desmantelaron el argumento (Maynard Smith 1979, Wade 1978, Uyenoyama y Feldman 1980, citados en Wood 1999). El razonamiento de la regulación poblacional se puso en entredicho y los antropólogos de la escuela de ecología cultural quedaron desamparados. Se abandonó la investigación en este rubro. Pero el argumento de que es posible un pacto con la naturaleza por el bien de la sociedad sobrevivió en la retórica del “desarrollo sustentable”. Se cree que la sustentabilidad es posible como una especie de *perpetuum mobile* ecológico en el que el desarrollo –cualquier cosa que quiera decir eso- viene a darse de manera gratuita.

La principal debilidad de los argumentos a favor del desarrollo sustentable es que no toman en cuenta la dinámica energética de los procesos ecológicos, como he argumentado en el capítulo anterior. Así mismo, estos argumentos no incluyen las necesidades del crecimiento poblacional. El crecimiento de la población humana, su posible o imposible regulación y su relación con otros flujos energéticos sigue siendo la cuestión central. Muchas disciplinas, como la antropología ecológica, la demografía, la epidemiología, la economía y otras más harían un gran progreso si se pudiera responder las preguntas sobre la capacidad del medio de renovarse en relación con un tamaño óptimo de la población. ¿Existe tal tamaño óptimo? ¿Cuál es el resultado de la presión de la población sobre los recursos locales? ¿Cuál es la naturaleza del componente maltusiano (la relación entre los medios de subsistencia y el tamaño de la

población) de la evolución? ¿Cuáles son los límites de crecimiento de las poblaciones humanas? ¿Cómo se relacionan los factores económicos, políticos y sociales con el crecimiento poblacional? Son preguntas importantes que siguen en pie (véase Wood 1999). En la actualidad, en un mundo tan interconectado como el nuestro, la discusión sobre la capacidad de sustentación parece haber agotado los argumentos, pero tal vez el enfoque de sistemas termodinámicamente abiertos ya esté en condiciones de aportar algo nuevo.¹²

El modelo que pretendo trabajar aquí se basa en el siguiente razonamiento. Un sistema termodinámicamente abierto tiene que permanecer a fuerzas en un estado de no equilibrio. La hazaña de diferenciarse de su medio (de sostenerse en estado de entropía baja en un medio que va hacia la entropía alta) la consigue gracias al flujo compensatorio. Este flujo bien puede mantener al sistema en un estado estable, fluctuante, oscilante, inestable y hasta caótico, porque un sistema de no equilibrio experimenta períodos irregulares de determinismo e indeterminismo, sinónimo de comportamiento *estocástico*, no lineal.¹³ De todos estos estados o “atractores” el más interesante es el *estado estacionario* porque define la estructura disipativa como tal. El estado estacionario indica la presencia de mecanismos de regulación.

¿Podría establecerse para el caso en estudio algún indicador del estado estacionario? Para poner a prueba esta hipótesis me serviré de la siguiente definición de trabajo de Wood: puede decirse que la regulación de la población ocurre donde sea que *existe un equilibrio local estable para el tamaño total de la población*. En sus propias palabras

La existencia de un equilibrio significa que hay tal tamaño de la población que, cuando se logra, dicha población permanece estable aun cuando esté expuesta a las perturbaciones debidas a las fuerzas externas. El equilibrio se dice estable cuando la población tiende a regresar al mismo después de la perturbación. La estabilidad local (por contraposición a la estabilidad global) significa que la población regresa al equilibrio como respuesta a pequeñas perturbaciones, aunque también puedan darse perturbaciones suficientemente grandes para alejar a la población del equilibrio de manera permanente (véase Gutiérrez 1996: 237-54 para detalles técnicos). Mientras el equilibrio esté sometido a fluctuaciones azarosas en nacimientos y muertes, no podemos esperar que esté absolutamente constante. Pero mientras las condiciones del medio permanezcan las mismas podemos esperar una distribución de los tamaños de

¹² Far-from-equilibrium processes have made it possible to interrelate the notions of hierarchical structures, that is replicated inclusive systems, to the dynamics of the second law of thermodynamics (Adams 1982: 125).

¹³ El comportamiento estocástico de los sistemas de producción y consumo, así como las fórmulas no lineales con las que se abordan estos fenómenos, son ideas que se aplican con éxito en la investigación en muchas áreas. Como muestra pueden citarse los trabajos del Instituto Santa Fe, California, disponibles en Internet: <www.santafeinstitute>. Con estos métodos se exploran las estrategias que emplean los sistemas complejos para solucionar los problemas de supervivencia.

población con probabilidad estacionaria con un rango más o menos estrecho de variación.

El modelo se refiere, entonces, al estado estacionario.¹⁴ La propuesta metodológica consiste en comparar el crecimiento de la población de las comunidades con el de la región. Los censos disponibles y las encuestas complementarias realizadas a propósito del presente estudio permiten reconstruir la historia regional con cierta profundidad y detalle, ocasionalmente hasta la época de la conquista. Sobre el diagrama del flujo principal se anotarán los acontecimientos de la historia de la comunidad, pensándolos a la luz la idea de autoorganización y de la construcción de vehículos de supervivencia. El flujo demográfico se tomará en la presente investigación como el flujo energético sustantivo y las estructuras e instituciones sociales como reguladores.

6.3 La hipótesis de trabajo y los objetivos de la investigación

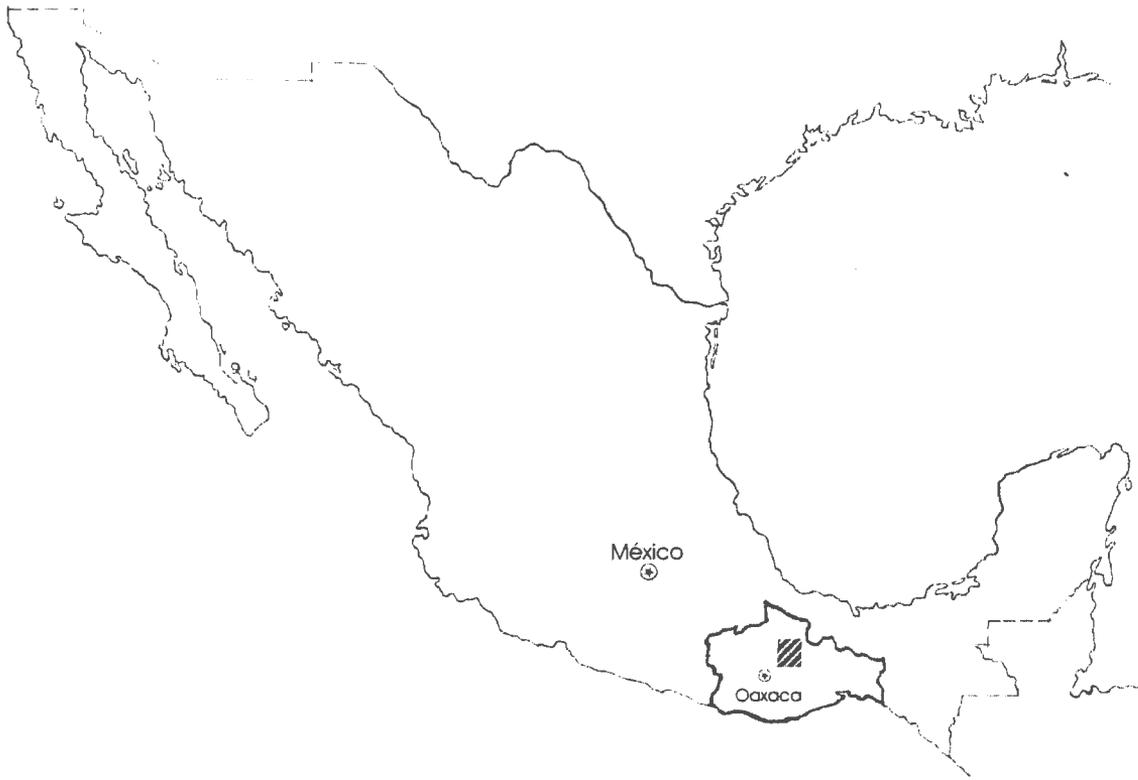
¿En qué condiciones un sistema se autorregula? La regulación es una característica ubicua de todo sistema energético complejo. La hipótesis es que la regulación ocurre donde *exista un estado estacionario local* de facto. La hipótesis se confirma en la medida en que se identifiquen los indicadores: la prueba formal es de naturaleza estadística y consiste en comparar la población de las comunidades con la población total de la región. Los mecanismos de regulación, a falta de un instrumental más preciso, se describirán en términos etnográficos.

Como estudio de caso presento aquí el de una región definida como una unidad ambiental, esto es, un agroecosistema manejado por una sociedad campesina, cuyas fronteras energéticas pueden percibirse con claridad. Este sistema, que operaba hasta hace poco con flujos de energía que se activaban con el trabajo vivo (humano y animal), en las últimas dos décadas fue irrumpido por flujos de "alta energía" provenientes del exterior. La hipótesis de trabajo, en el sentido de una pregunta que guía la investigación, la de indagar cuáles son las condiciones para el estado estacionario para la región como un todo. Exploraré esta conjetura en el siguiente capítulo, en especial en el apartado sobre la dinámica poblacional y la contrastaré con la idea, hoy en boga, de sustentabilidad.

¹⁴ Wood usa un término muy popular en ciencias sociales, el de "equilibrio"; es mejor hablar de estado estacionario, porque el equilibrio tiene implicaciones metafísicas, mientras que el estado estacionario (el que no cambia con el tiempo) es un resultado basado en las condiciones de aquí y ahora.

El intento de establecer las condiciones de supervivencia para un sistema local como *unidad operativa* (ecológica, económica, social) se puede disgregar en objetivos específicos:

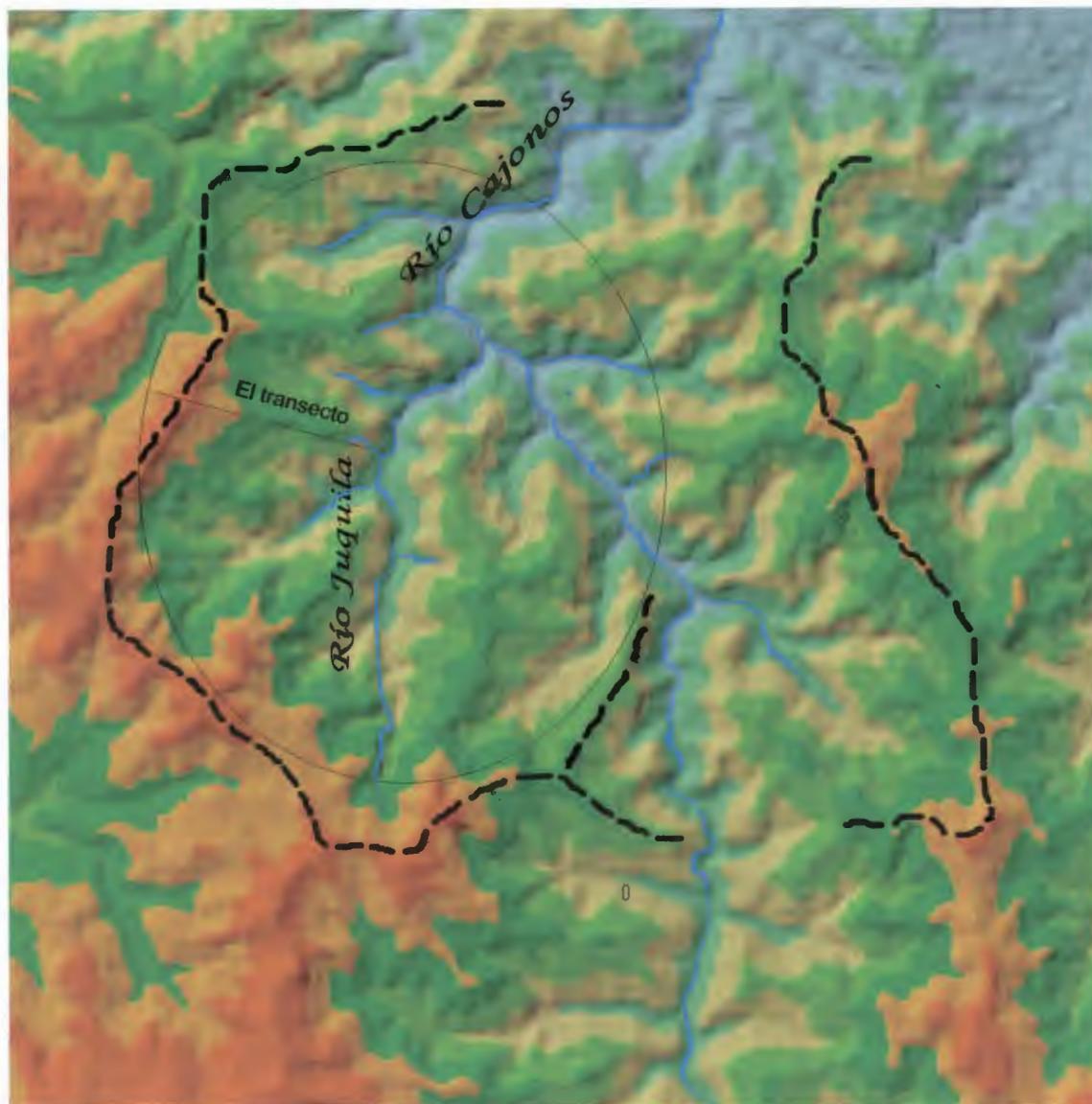
- 1) Aplicar un modelo que vincule los flujos energéticos ecológicos con las estructuras sociales; dicho modelo se basa en la idea de detonador/flujo, en donde el agroecosistema representa el flujo energético sustancial y la organización social, el flujo regulador.
- 2) Analizar los censos demográficos con el fin de plantear preguntas sobre la distribución del promedio de vida, la tasa de mortalidad y las razones de éxito o fracaso de las estructuras de regulación sociales.
- 3) Examinar sistemas tipo detonador/flujo concretos para producir hipótesis sobre la proporción entre el flujo regulador y el flujo sustantivo, y sobre los cambios en la estructura regulatoria.
- 4) Examinar los materiales que proporciona el estudio de caso para delinear las condiciones bajo las que surgen nuevas estructuras disipativas, los así llamados vehículos de supervivencia y la configuración de éstos como estructuras coaxiales con los vehículos primarios.



Mapa 1: La República Mexicana, el Estado de Oaxaca y el Rincón



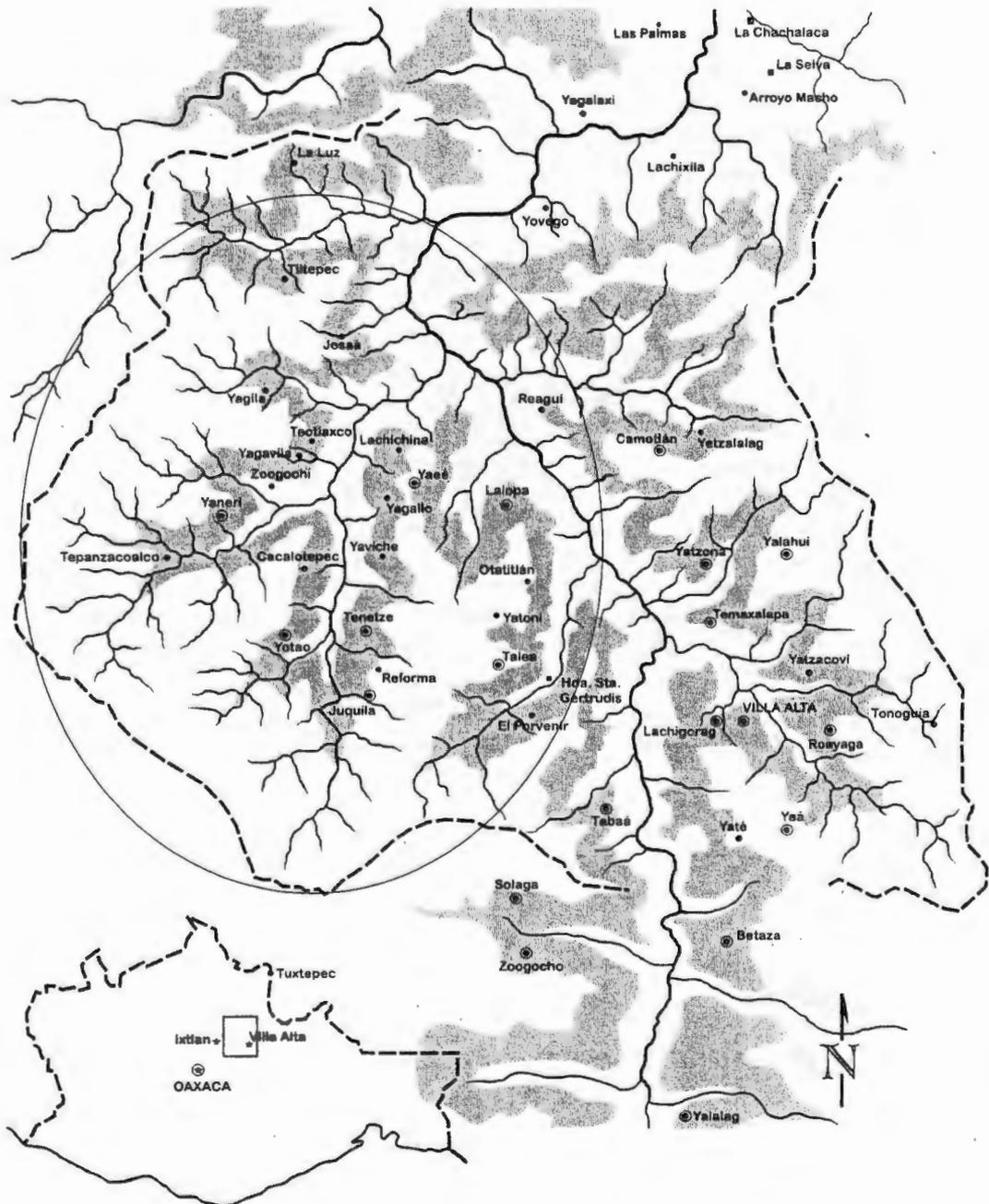
Mapa 2: Límites orográficos de la Cuenca del Río Juquila Cajonos



Fuente: Mapa isométrico del INEGI de la Cuenca del Papaloapan 2003 y otras fuentes, cortesía de Gilberto Gil
Escala del original 1: 250 000
La línea del transecto véase en la figura 2.



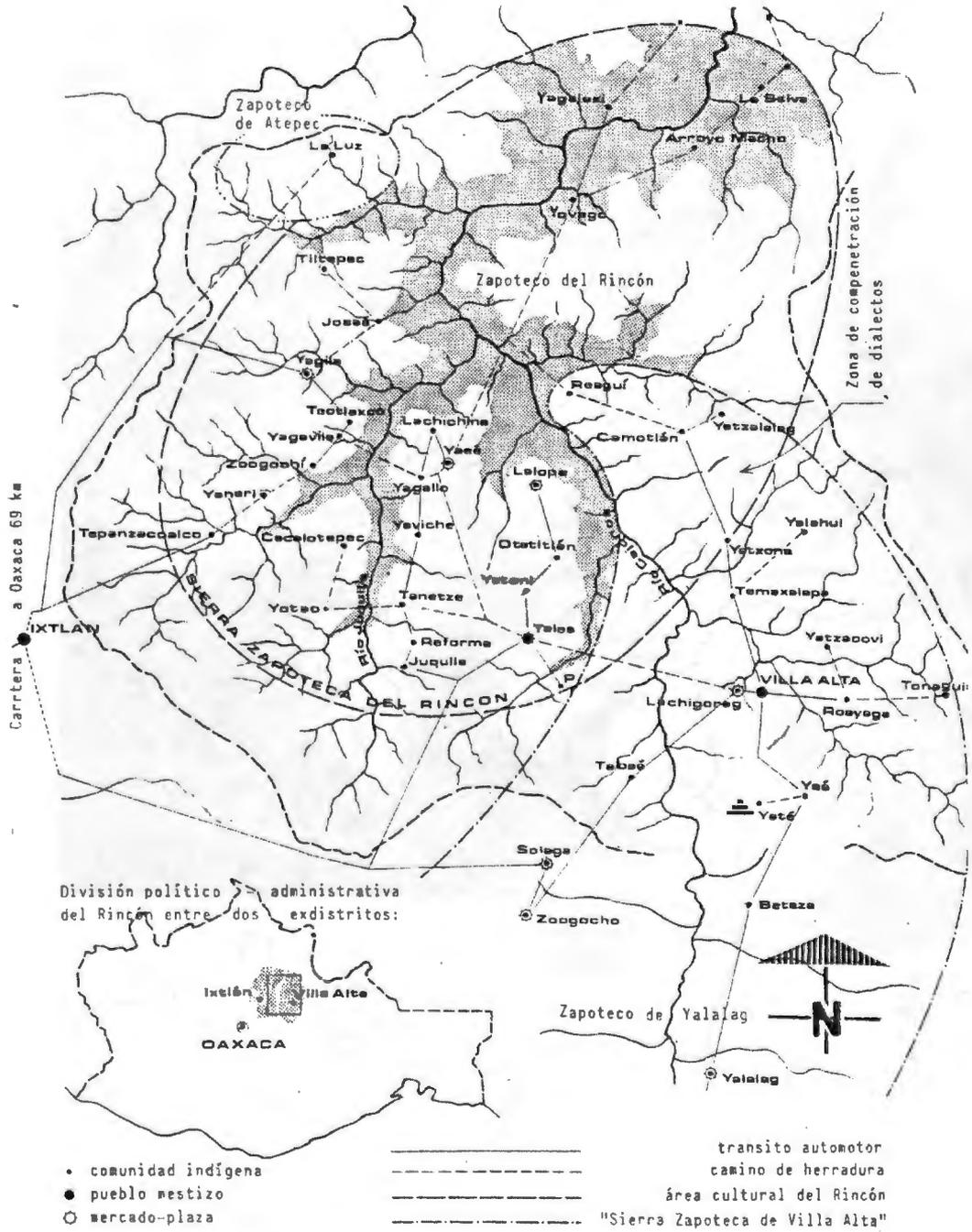
Mapa 3: El ecotono

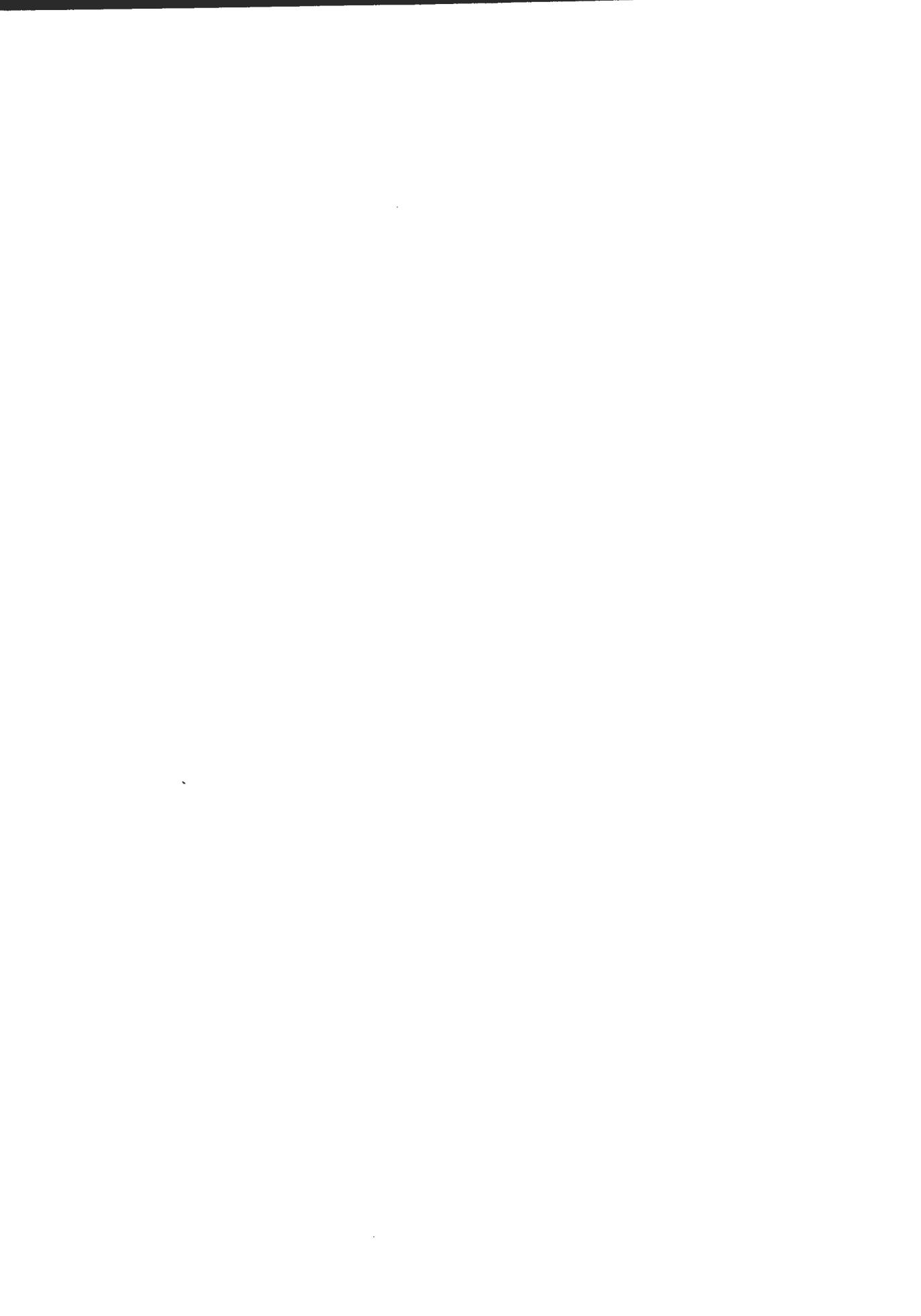


Las comunidades del Rincón se ubican en una franja horizontal del ecotono o tierra templada, entre 1100 y 1600 m sobre el nivel del mar, y las tierras se las reparten en franjas verticales desde la cumbre hasta el río.



Mapa 4: Cuenca del río Juquila Cajonos y sus áreas lingüísticas





Mapa 5: Sierra Zapoteca del Rincón y el Rincón Bajo



El Rincón Bajo es un desprendimiento de comunidades rinconeras de la parte oriental debido al boom del café de los años 70.



7 *E*l estudio de caso

El estudio de caso pone a prueba el desempeño de un modelo. En este capítulo describiré la región en términos de ecosistema, delimitando sus fronteras con cierta precisión. La propuesta consiste en enfocar la fertilidad de las poblaciones biológicas, incluida la humana, como el flujo energético sustancial y la interacción entre ellas, que se da a través de las instituciones sociales, como el flujo detonador o regulatorio. El sistema agrícola local cuenta con distintos flujos de "energía auxiliar", la de los detonadores: el fuego, el trabajo, la tecnología y la organización social (el parentesco, el sistema de cargos, la economía). El estudio antropológico de la comunidad campesina, de la agricultura que practica, de cómo se organiza y cómo se vincula con la sociedad mayor permite examinar de cerca la elaboración social de los vehículos de supervivencia.

7.1 Delimitación del área

El Rincón es el nombre de una región indígena zapoteca serrana ubicada en medio del masivo montañoso de la Sierra Juárez a 120 kilómetros en línea recta al noroeste de la ciudad de Oaxaca entre Ixtlán de Juárez y San Ildefonso Villa Alta (véase el mapa 1). El nombre no figura en la cartografía oficial ni en los registros estatales ni en ninguna otra documentación gubernamental. El Rincón no cuenta con investigaciones de los lingüistas, etnólogos o historiadores. Se han publicado trabajos etnológicos y ensayos sobre algunas comunidades de la región (véase Pérez García 1956, Nader 1966, Tyrtania 1992, Ríos 1998, Barabas y Bartolomé 1999, González 2001), pero no hay entre los investigadores una coincidencia de que la región sea un área bien diferenciada, con un idioma, un pasado, una economía y un ambiente natural compartidos. El nombre del Rincón responde, pues, a la circunstancia de una región aislada del gran mundo.

El aislamiento del Rincón, empero, es tan sólo una apariencia. Tanto en el pasado como en el presente la comarca estuvo y sigue estando estrechamente vinculada a la suerte de las regiones vecinas y de la nación mexicana. En lo que sigue trataré de reconstruir a grandes rasgos la historia económica regional. Para que el enfoque energético funcione es muy importante determinar con cierta precisión las fronteras del sistema operativo, entendidas éstas como las interfases de intercambios ecológicos, económicos y sociales. Las fronteras energéticas de un sistema social casi nunca coinciden con las divisiones político administrativas ni con las áreas culturales y lingüísticas ni con los procesos históricos y económicos. Es más, los actores sociales nunca conciben su sociedad como una unidad energética. Los desfases que se dan entre las realidades ecológicas y sociales tienen alguna

razón de ser, que debe averiguarse, y son tan importantes como las coincidencias. El territorio del Rincón está ocupado por los zapotecos, quienes no usan un etnónimo más preciso, pero cuentan con una lengua, una historia y una cultura compartidas que lo ameritaría. A continuación describiré las características de la región y las rutas de intercambio a fin de determinar qué entidades sociales se conformaron en el Rincón y cómo evolucionaron para dar lugar a las comunidades presentes.

Un poco de historia

Una de las primeras descripciones de la comarca es la de Rosendo Pérez García, maestro rural oriundo de Ixtlán. Su relato describe la región como transformada por la gesta civilizatoria del Estado nacional: "antes de la mitad del siglo XVIII los habitantes del Rincón eran de los más atrasados en todos los sentidos; conservaban las costumbres más primitivas; eran perezosos, maliciosos, desconfiados, desobedientes e idólatras" (Pérez García [1956] 1996: 324). ¿Qué sucedió por allá, hacia la mitad del siglo XVIII, para que los serranos fueran descubiertos, una vez más, como indios remisos?

En el siglo XVIII el Rincón recuperó su población de la debacle de la Conquista. Fueron la minería y la producción de cochinilla, un colorante textil producido en la región, los factores que reanimaron la economía regional. El colorante al que me refiero tuvo tanta demanda en el mercado internacional que se convirtió en el elemento más importante de la economía regional. La historia es como sigue.

Poco o nada se sabe sobre la región antes de la llegada de los españoles.¹ Los estudios de los arqueólogos e historiadores suelen concentrarse en la historia de los valles del centro, que gira alrededor del Monte Alban. Desde los tiempos remotos los zapotecos colonizaron cuatro regiones, las que ocupan de manera exclusiva e interrumpida hasta el presente: los Valles Centrales, la Sierra Norte, la Sierra Sur y el Istmo (Barabas y Bartolomé 1999: 60). Después del ocaso de Monte Alban la Sierra Norte, a la que pertenece el Rincón como una subregión, dejó de gravitar política y económicamente hacia los valles e instituyó sus propias entidades políticas de pequeñas jefaturas locales y sus alianzas (Chance 1989). Dada la configuración del territorio del Rincón, inclinado fuertemente hacia el sur, las

¹ La única referencia que tengo es el artículo del arqueólogo Ignacio Bernal sobre la estela de Yagila. Existen trabajos sobre regiones vecinas de Ixtlán, Cajonos y Villa Alta, resumidos en Barabas y Bartolomé 1999.

comunidades desarrollaban negocios más fácil con los Bajos de Tuxtepec. El poblado chinanteco de Tuxtepec adquirió en la época inmediata a la Conquista la categoría de señorío y fungió como cabeza de playa para la expansión del imperio azteca. Dicha expansión consistía en implementar un sistema de señoríos tributarios de Tenochtitlan. Las trazas de esta expansión se advierten en el Rincón todavía en nuestros días. Los nombres mexicas de algunos de los pueblos de la Sierra Zapoteca (Tiltepec, Teotlaxco, Cacalotepec) atestiguan la integración de las comunidades rinconeras al "modo de producción tributario" de los aztecas. El pueblo de Tiltepec, ubicado a la entrada de la Sierra desde las tierras bajas (véase el mapa 1), fue la sede de un señorío dependiente de los tenochcas cuando llegaron los españoles.² Por toda la zona hay vestigios del pasado que atestiguan la influencia de las civilizaciones circundantes (la zapoteca, la mixteca y la nahua); ruinas, tumbas, estelas y sitios arqueológicos en espera.

Sobre el esquema tributario de los antiguos señoríos los conquistadores españoles trataron de imponer el sistema de la encomienda. En la Sierra se hizo un gran esfuerzo en esta dirección, pero con poco éxito. En 1526 se fundó en Las Zapotecas (así llamaban los españoles la Sierra Norte) San Ildefonso Villa Alta, un asentamiento de encomenderos, ubicado al oriente de la región que nos ocupa. Villa Alta fue durante toda la Colonia el centro administrativo, político y económico de la región a la cual pertenecía la Cordillera del Margen, hoy el Rincón. A corto y mediano plazo la Conquista de la Sierra fue más bien un fracaso económico para los españoles y un cataclismo poblacional para los nativos. La conquista de la Sierra Norte de Oaxaca "fue uno de los episodios más brutales y prolongados del siglo XVI en México", concluye Chance (1998: 37).

A dos siglos después del sometimiento, hacia la mitad del siglo XVIII, la región comenzaba recuperarse (véase el apartado sobre la dinámica poblacional), fecha que el maestro Pérez García indica como el parteaguas histórico. La actividad económica más importante que iniciaba una nueva relación de la región y de la provincia de Antequera con el mundo fue el ya mencionado cultivo, el de la grana cochinilla (Dahlgren 1990), que se ha vuelto comercial. La "grana" es un colorante rojo, cuya presencia en la Nueva España llamó la atención de los conquistadores desde su primera visita al mercado plaza de Tenochtitlan. La grana se obtiene de la

² El *pili* o señor de Tiltepec aparece en el "Lienzo de Tiltepec", códice que conservaba la comunidad hasta el año de 1983, cuando fue llevado a Oaxaca para su restauración en el INAH. El lienzo representa la genealogía de los señores de Tiltepec, que abarca algunas generaciones antes de la conquista y llega hasta doscientos años después de la misma. Junto con el lienzo se guardaba en la agencia municipal una boquilla de oro en forma de cabeza de águila, atributo del Señor cuando fungía en las ceremonias oficiales. Pude ver personalmente el lienzo durante una visita a Tiltepec en el año de 1983.

“cochinilla”, larva de un pequeño insecto volador, parásito del nopal. El cultivo consiste en propiciar la implantación de los huevecillos en las pencas del nopal, cuidar su desarrollo durante algunos meses protegiendo las larvas de la lluvia y otras inclemencias del tiempo, y cosecharlas antes de que se conviertan en libélula. Una vez disecadas conforman la “grana”, esto es, diminutos grumos secos, de los cuales se obtiene un colorante, el llamado rosa mexicano.

En la Sierra el cultivo se basaba en el uso intensivo de la mano de obra familiar, mientras que la comercialización estaba a cargo de los españoles, monopolio en el que tenían una destacada participación los alcaldes mayores. El negocio de la grana fue muy lucrativo, dado que en el naciente mercado capitalista mundial la producción y comercialización de los textiles tuvo el papel protagónico. Uno de los objetivos de los viajes de exploración y conquista fue precisamente la búsqueda de los colorantes. En la Nueva España se encontraban en abundancia varios de ellos, pero ninguno tan rendidor como la cochinilla. Una vez desarrollado, el negocio de la grana (después de la minería) fue el que más ganancias proporcionaba a la Corona en el siglo XVIII. El gobierno colonial implementó un sistema de control de calidad a lo largo del proceso de producción y de la ruta de comercialización, un sistema que consistía en repartimiento territorial entre los alcaldes mayores y controles aduanales de corregidores, oficiales especialmente nombrados para tal propósito. Con esto se había creado toda una institución político económica a través de la cual la economía de las distintas regiones de la Nueva España se integró al mercado mundial, entre ellas la de la Cordillera del Margen, hoy el Rincón.

El cultivo de la cochinilla fue implementado en la Sierra bajo el patrocinio de los frailes dominicos, quienes tenían la fórmula de éxito. El secreto consistía en aprovechar toda la mano de obra disponible en la comunidad, incluidos los niños y los ancianos. El cuidado de los nopales, la cosecha y el beneficio del producto, si bien no eran tareas pesadas, sí exigían paciencia y dedicación. En comparación con los encomenderos y comerciantes de la zona, los frailes dominicos, por su contacto directo con la población a través de las doctrinas, estaban en una posición privilegiada para organizar el proceso. Parte de su éxito consistía en seleccionar para cada lugar la planta y el insecto mejor adaptados.

A diferencia de los alcaldes mayores los dominicos compartían en alguna medida las ganancias con la población. Hasta hoy puede advertirse en la zona un gran gasto suntuario que se efectuó en iglesias y obras de la infraestructura parroquial. Los buenos resultados del negocio se pueden ver sobre todo en el

fastuoso convento de Santo Domingo en Oaxaca.³ En la Sierra se construyeron en aquél entonces templos grandiosos en honor de los santos patronos de cada lugar. Los centros ceremoniales antiguos y las tumbas de los "gentiles", desperdigadas por toda la zona, proporcionaron piedra labrada, cuyas piezas se pueden apreciar hoy día en los muros de las iglesias y otros edificios públicos de la época colonial. Las campanas de bronce en los templos católicos llevan las fechas precisas de la segunda mitad del siglo dieciocho, así también los retablos barrocos revestidos de oro, de los que quedan en la región. La campana de Yagavila, la comunidad que elegí para el estudio de caso, es del año de 1769.⁴

Con la grana cochinilla la economía regional se había monetarizado. Las disposiciones tributarias de la Corona obligaban a cambiar el pago en especie al pago en moneda. Esta política fue parte importante de la Conquista y a tres décadas después de su inicio empezaba a rendir frutos. El proceso de monetarización tardó un poco más en las provincias remotas.⁵ La monetarización de la economía campesina fue importante para la implementación del sistema de mercado.⁶ Por algún tiempo funcionaba junto con el sistema tributario, basado en el poder político de los señoríos, pero poco a poco expandió su influencia a través del mercado ya existente, el de las plazas al aire libre, un sistema que ya estaba funcionando en toda Mesoamérica.

Después de la conquista siguió el reclutamiento forzoso de la mano de obra para las encomiendas y las minas. Pero como resultado sobrevino la debacle poblacional y la región quedó postrada económicamente durante dos siglos. Fue el comercio de la grana el que permitió la recuperación y cierta prosperidad en la Sierra durante la época colonial tardía.⁷

³ He buscado estos datos en el Archivo General de la Nación, Ramo Cochinilla. También tuve acceso al archivo histórico de los padres dominicos en México, pero de aquél fueron eliminados deliberadamente todos los documentos relacionados con la economía de la orden.

⁴ Una lista de estas fechas presenta Pérez García ([1956] 1998: 365). De los pueblos del Rincón se mencionan los siguientes, con sus respectivas campanas: Tiltepec 1687, 1707, 1791; Yagila 1840, 1851; Josaa 1851; Teotlaxco 1796, 1821; Yagavila 1779, 1790, 1788; Yaneri 1783, Soogochi 1779, 1788, 1790; Tepanzacoalco 1753. Nótese que Tiltepec es el primero en adquirir la campana. En una región que cuenta con muy pocos documentos escritos todo dato en firme debe apreciarse. En pueblos de la Sierra la campana de la iglesia es "el alma de la comunidad", un medio de comunicación y el símbolo de unidad (de una comunidad cabalmente formada).

⁵ La estrategia de las autoridades coloniales implementada desde el centro del antiguo imperio mexica se puede deducir de las cartas de Fray Pedro de Gante a Carlos V.

⁶ Desde la perspectiva teórica de la energética el dinero funge como un medio que permite el acoplamiento de flujos energéticos de distinta naturaleza, que son los llamados factores de producción: trabajo, recursos naturales, capital, transporte, administración y los demás.

⁷ Aparte de los espléndidos templos y altares barrocos hay otras pruebas circunstanciales de cómo la vida cotidiana fue afectada por este negocio. Por ejemplo el tinte. La tinta de la grana se empleaba en la escritura y como colorante en manufacturas locales; este fue el uso que permaneció hasta el siglo XIX. En los documentos, tales como los títulos de propiedad, se empleaba la tinta roja de la grana.

En la segunda mitad del siglo XIX el comercio de la grana se desplomó repentinamente a causa de la invención de los colorantes artificiales de acrílico, ocurrido en Europa en el año de 1847. En la provincia de Antequera los signos de la crisis se dieron un poco antes, a principios del siglo XIX, debido a ciertos factores internos, tal como se puede constatar en los documentos de la época.⁸ La economía basada en la exportación de la grana dejó huellas profundas en el Rincón, que se pueden apreciar todavía en los vestigios de aquella época. La organización social, basada en el ordenamiento de las comunidades en doctrinas, debe mucho a aquella interconexión de flujos regionales, nacionales e internacionales de mercancías.

La grana cochinilla no fue el único cultivo comercial en la historia moderna del Rincón. Con la Conquista se introdujeron la caña de azúcar, la pimienta, el algodón y varios frutales (cítricos, plátano, mango), los que al lado de las especies nativas ya conocidas (aguacate, zapote, chicozapote, mamey) ampliaron considerablemente la diversidad local y contribuyeron a la autarquía económica de la región. Así mismo, se introdujo el ganado porcino, bovino y caballar, junto con gallinas, perros y gatos. Un anciano de Yagavila, don Fidel Sánchez, me comentó que en “tiempos de los abuelos” había arbustos de mora cuya hoja servía de alimento para el gusano de seda, pero “el gobierno mandó cortarlos”. (El monopolio de comercio de seda, junto con el del vino, el hierro y los libros, fue regulado en aquellos tiempos directamente por la Corona.) Los acontecimientos de aquellas épocas se conservan en la memoria de la gente, de manera borrosa, pero permiten reconstruir algunos hechos económicos. Así, por ejemplo, se recuerda que la vestimenta tradicional de las mujeres del Rincón incluía un cinto rojo de seda, una prueba de que la región tenía acceso a este tipo de materiales y que los pudo producir en su tiempo.⁹

Una actividad que tuvo mucha incidencia en la economía regional desde la Colonia fue la extracción y beneficio de los minerales de oro y plata (Nader 1966, Chance 1998). Durante el siglo XIX se trabajó una mina de plata con su beneficio correspondiente en la Hacienda de Santa Gertrudis, ubicada en las faldas del cerro donde hoy se ubica San Miguel Talea Villa de Castro. En la Sierra de Juárez se

⁸ En el Archivo General de la Nación se conserva un informe del obispo de Antequera de 1810. El informe fue requerido por la Corona; el autor atribuye la crisis a la corrupción de las autoridades coloniales, la avidez de los alcaldes y corregidores, la sustitución de los dominicos por el clero diocesano y la pereza de los campesinos, en este orden.

⁹ Una de las reminiscencias de los contactos poblacionales de durante la Colonia es la oncocercosis. La “onco” es una enfermedad de origen africano, traída por los esclavos negros que se escapaban de las haciendas azucareras de Los Bajos hacia la Sierra. La enfermedad se debe a un gusano que transmite un mosquito; este último se reproduce en aguas cristalinas de clima cálido (de ahí el confinamiento de la enfermedad a ciertas zonas de Oaxaca, Veracruz y Chiapas). La filaria que anida en el organismo humano provoca la ceguera cuando ataca el nervio óptico. Las brigadas de la oncocercosis de la SSP rastrean el Rincón desde hace 30 años, si bien hubo progreso en su control no se pudo erradicar el mal.

abrieron bocas de mina por doquier, pero se explotaron de manera regular sólo los yacimientos grandes, como los de Natividad, una mina que se ubica a la mitad del camino de Talea¹⁰ a Oaxaca, y que todavía opera, hoy por hoy, aunque con bajos rendimientos. A diferencia de la grana, la minería enriquecía únicamente a los dueños de las minas y del capital, que eran españoles. La minería causó muchos conflictos entre los nativos y los empresarios, como consta en los documentos del Archivo General de la Nación y el Archivo de las Indias (Chance 1998). Las vetas de Santa Gertrudis, de la única mina que se trabajaba en el Rincón, se agotaron a principios del siglo XX. Fue entonces cuando los mineros y el personal administrativo trasladaron su residencia montaña arriba, a Talea, y establecieron ahí un nuevo centro económico regional. El tianguis semanal (mercado plaza) de Talea fue desde entonces el más concurrido de la zona y todavía sigue siéndolo. Desde aquel tiempo hay una rivalidad entre Tanetze de Zaragoza y Talea de Castro por el título de "capital de la región", que sería el centro económico y político, un título más bien honorífico que pertenece hoy día a Talea.

Durante la Independencia, la Reforma y la Revolución los habitantes de la región pasaron inadvertidos. Los movimientos políticos nacionales no parecían haber afectado la región, al menos no de manera inmediata y directa. Es posible que el gobierno buscara reclutar hombres para la guerra contra la intervención francesa. Todavía se cantan en la Sierra los corridos que aluden a los hechos de aquella época. Después de la Revolución no hubo necesidad de acogerse a los beneficios de la Reforma Agraria porque las comunidades rinconeras se manejaban desde siempre con el régimen de propiedad mixto (que describiré más adelante) y no hubo haciendas ni latifundios en la comarca.

A principios del siglo XX llegó la cafecultura. Las condiciones ecológicas locales son favorables para la *Coffea arabica*, aunque no tan buenas para el beneficio. En la actualidad no hay comunidad rinconera que no cultive el café. Para bien y para mal, la economía regional está enlazada al mercado mundial de este grano. En las últimas dos décadas el café del Rincón no cotiza bien, debido a la crisis de sobreproducción mundial. Una instancia gubernamental que brindaba ayuda a los productores, el Instituto Mexicano del Café, fue liquidada en 1992, con lo cual se cancelaron los apoyos gubernamentales a los pequeños productores en el momento en que más los necesitaban. Los cafecultores locales procuran ahora organizarse en

¹⁰ Los pueblos de la Sierra suelen tener nombres barrocos, como el de San Miguel Talea Villa de Castro. Los nombraré por su nombre completo cuando aparezcan por primera vez en el texto. De ahí en adelante diré el nombre corto que usa la gente en la comunicación cotidiana.

cooperativas y recurren a organizaciones regionales y nacionales, remedios hasta ahora insuficientes, pero que demuestran un gran potencial de organización subyacente en la cultura zapoteca.

Debido a la prolongada crisis cafetalera (el precio ya no se recupera desde 1997) un movimiento que cobró auge fue el bracerismo; esto es, la migración de la mano de obra al otro lado de la frontera norte del país. Es una mano de obra especializada en el sentido en que aguanta todo tipo de incomodidades y desventajas. Los migrantes indígenas trabajan en la agricultura estacional de los estados sureños de la Unión Americana y en el sector de servicios. Su sueldo es de indocumentados. Los ahorros que consiguen (entre 100 y 500 dólares por mes) los envían puntualmente a su familia de origen. Este ingreso no es poca cosa para las comunidades indígenas de la región.¹¹ En el estado de Oaxaca se sabe de pueblos enteros que dependen por completo de las remesas mensuales de sus migrantes. Esta dependencia extrema de la migración todavía no se da en el Rincón, pero no hay comunidad que no tenga un grupo de migrantes en Oaxaca, México, Guadalajara, Tijuana, Los Ángeles, Tucson, etcétera. Las redes de migración se están construyendo principalmente a partir del parentesco, los lazos que proporciona la comunidad y la identidad etnolingüística.

La última novedad en el Rincón es la expansión de la red de caminos de autotransporte y de cableado eléctrico. Los caminos son de terracería y todavía están en la etapa de construcción, faltando por completar muchos circuitos. Siendo caminos de alta montaña están expuestos a constantes derrumbes y deslaves en la época de lluvias. Todos ellos conducen a la ciudad de Oaxaca, esto es, no están hechos con el criterio de comunicar los pueblos al interior de la región.

En los años ochenta se introdujo la energía eléctrica en las comunidades y la telefonía rural inalámbrica. Los migrantes se encargan de hacer rentable esta inversión que exige la "tecnología de punta". También se instalaron en la zona varios centros de salud con el personal médico residente. Hay más y mejores escuelas primarias y algunas telesecundarias. Todo esto construido y financiado por el gobierno federal, con la intermediación del gobierno estatal. Las comunidades colaboran con el sistema educativo y supervisan estrechamente su funcionamiento.

¹¹ En el nivel nacional las remesas en dólares representan la segunda fuente de divisas para el país, después de la exportación del petróleo y antes de los aportes de la industria del turismo, según reporta la prensa nacional. Cada año casi 400 mil mexicanos se marchan a Estados Unidos según las estadísticas del Consejo Nacional de Población (2003). A la migración de jóvenes se sobrepone la transición demográfica de México. "El bono demográfico en la próxima década podría convertirse en un factor importante para el desarrollo del país si logramos crear los empleos necesarios, propiciar ahorro de los hogares y estimular la inversión interna", de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. Los planificadores de la economía nacional no toman esta recomendación en cuenta.

Los programas gubernamentales de Procampo (desde 1991), Progresá (1996) y Contigo (2001) inyectan algo de efectivo en la economía local. Gracias a esto hay televisores en muchas casas y en algunas más, antenas parabólicas. En los pueblos que cuentan con un Centro de Salud de la Secretaría de Salud Pública en el cual hay un médico y enfermera residentes (Yagila, Yagavila, Tanetze, Yaeé, Talea) se entregan los apoyos gubernamentales de becas escolares y subsidios agrícolas como los mencionados, previa aprobación del personal del centro. Con esto se está implementando programas de vacunación, atención a los infantes, higiene y prevención de enfermedades. Quien acepta estos programas se compromete a no criar animales domésticos (puercos, guajolotes, gallinas) fuera del corral. Los interesados tienen que cambiar los pisos de tierra de su vivienda por otros de cemento y a construir letrinas. El fecalismo al aire libre constituye sin duda uno de los principales problemas de salud pública en toda la región. En la medida en que hay acceso a la medicina moderna en la región mejoran los índices de esperanza de vida.

Cada año hay más jóvenes que emprenden estudios en el nivel medio y superior en la ciudad. Las telesecundarias son un éxito en los pueblos del Rincón. Los padres dan cada vez más importancia a la educación formal de sus hijos, esto como un medio más seguro para "entrar y salir en la modernidad". En Yagavila opera una escuela primaria desde los años 80 y una telesecundaria desde 1998. Los pueblos de la región cuentan ya con cierto número de profesionistas (maestros, personal de salud, abogados, curas) salidos de las comunidades. En el año 2002 la Agencia Municipal de Santa Cruz Yagavila tuvo como Secretario a un egresado de la UABAJO de la carrera de leyes.

En cuanto a la agricultura de la región, ésta se basa en "el complejo milpa" (policultivo de maíz, frijol, chile) y está orientada hacia el autoabasto. Se usan cada vez con más frecuencia los abonos artificiales y otros agroquímicos como herbicidas y pesticidas. La horticultura, una particularidad de la Sierra Zapoteca del Rincón, cedió en su tiempo frente a la expansión de los cafetales. La cría de animales presenta muchos problemas de salud, que las comunidades no están en condiciones de enfrentar por sí solas. Los animales de caza, antaño una fuente de proteína en la dieta y de materia prima en la artesanía, disminuyeron mucho o se retiraron de la zona. La pesca en los caudalosos ríos de la región ya no rinde como antes. Se utilizan mucho los detergentes para lavar ropa, cuyos residuos saturan las aguas de los ríos. En el caso de los pueblos grandes como Tanetze las aguas negras y grises se escurren directamente al río, sin filtrarse. Por otra parte, gracias a los detergentes las

mujeres ganaron tiempo que pueden restar a los quehaceres domésticos y dedicar a las labores agrícolas de cosecha y beneficio del café. A esta circunstancia también contribuyeron significativamente los molinos de nixtamal, que se multiplicaron después de la introducción de la electricidad.

La autonomía de la región

El breve repaso por la historia económica regional ilustra a grandes rasgos hasta qué punto las comunidades del Rincón comparten un pasado y un medio natural comunes, y hasta dónde la región pueda ser considerada como una unidad ecológica, económica, étnica, lingüística y cultural. Un observador externo, sin embargo, pronto se da cuenta de que los pueblos de la Sierra Zapoteca del Rincón están mucho más empeñados en subrayar sus diferencias que en sostener las semejanzas. Siglos de relaciones conflictivas entre vecinos y de constantes luchas por los linderos no se borran fácilmente de un día para otro. Pero hay una razón más de fondo para esto. En la Sierra la capacidad de coordinación no va más allá de la organización comunitaria. Cada comunidad guarda celosamente su soberanía, que ejerce *de facto* y por encima de las divisiones político administrativas impuestas desde fuera a la región. Sólo cuando aparece alguna amenaza externa y es percibida como tal, las comunidades son capaces de reaccionar en bloque.

Ilustraré lo anterior con un par de ejemplos históricos, que vienen al caso por varios motivos, entre otros, porque se trata de una verdad sistémica. Para constituirse los *vehículos de supervivencia* sociales la identificación de “nosotros” pasa necesariamente por la exclusión de “ellos”. Para que una unidad social se forme y se reproduzca, es necesario que incluya en el proceso de autoorganización algunas cosas y que excluya otras (Adams 1982). La pregunta es si los pueblos del Rincón pueden solventar una organización regional supracomunitaria. El vehículo de supervivencia más elaborado hasta ahora es el de la “comunidad corporada” local. En términos de la energética la misma pregunta es si las comunidades pueden pasar de la etapa de identificación a la de coordinación y centralización, con vistas a la autonomía regional.¹²

¹² Este proceso se da de manera incipiente a partir de distintos arreglos y se discute mucho entre los líderes locales. Me refiero a cooperativas, asociaciones de productores, organizaciones políticas intercomunitarias, reuniones de maestros y organizaciones no gubernamentales de todo tipo que operan en la región. Después de la insurrección zapatista en 1995 se formaron foros de discusión muy concurridos; sin embargo, hasta ahora el asunto no pasa más allá de la etapa de identificación de intereses. La cuestión medular de estos procesos es la disponibilidad de recursos para la coordinación. Hasta ahora estos recursos se basan en la cooperación voluntaria de la gente y en el tiempo que le pueden

He aquí los ejemplos. El maestro Pérez García ([1956] 1998: 82-86) cuenta un caso interesante de formación de un frente común que han hecho los pueblos serranos en los primeros años de la Conquista. Cuando se tuvo la noticia de que llegaron los españoles para quedarse, los ancianos y los principales de los pueblos ubicados en la parte oriental del territorio que hoy es el Rincón, a saber, los de Tanetze, Juquila, Talea, Yatoni, Lalopa, Yaeé, Lachichina, Yagallo, Yaviche, Cacalotepec y Yotao (mas dos pueblos de una región adyacente), se reunieron para debatir el asunto y llegaron a la conclusión de que no había razones para un enfrentamiento abierto. Optaron por presentar obediencia.¹³ Los ancianos discutieron “a lo que deberían ir” y resolvieron enviar una embajada para pedir que se les instruyera “en la nueva palabra de Dios y en la ley”. La delegación se entrevistó con la autoridad local de Villa Alta, de donde fue encaminada hacia la gran Tenochtitlan. Ahí fueron presentados ante los nuevos dueños del imperio. De inmediato fueron bautizados, se les cambió los nombres y se les asignó padrinos españoles. De este modo se ratificaron los derechos de autoridad por ambos lados; el poder delegado se conjugó con el asignado en una típica amalgama dialéctica que suele darse entre el conquistador y el conquistado. La delegación regresó a la Sierra con poderes ratificados, que simbolizaban las varas de gobernador, alcalde, regidor, oficial y escribano, que se utilizan hasta hoy día en las ceremonias políticas y religiosas. La delegación, cuenta el relato, regresó acompañada de un fraile. Un nuevo sistema político fue implantado en la Sierra, el “sistema de cargos”, del cual hablaré más adelante.

El relato tiene algunas imprecisiones. En cuanto al documento original en el que se basa el autor, no se sabe dónde esté ahora. Lo que interesa aquí es que en un documento de la época se mencionaron los nombres de los pueblos, los mismos que corresponden hoy día a las comunidades de la parte oriental de la Sierra Zapoteca del Rincón. Aún en el caso en que el documento fuera una especie de mito fundacional, proporciona información valiosa de cómo se percibían las comunidades a sí mismas. El documento describe una confederación de pueblos autónomos, que reaccionan como un *conjunto de coordinación* frente a un acontecer histórico que constituye una amenaza a su integridad y soberanía relativa.

dedicar los líderes surgidos espontáneamente de entre las comunidades. Sería interesante documentar estos movimientos ya que ellos son protagonistas en la construcción de una posible autonomía étnica regional.

¹³ Quien cuenta los hechos al parecer tuvo acceso en el año de 1923 al documento “La relación de Solaga”, que se guardaba en el archivo del Juzgado Mixto de Primera Instancia de Villa Alta en copia única. El documento fue una traducción del original escrito en zapoteco por los comisionados del pueblo de Raveag (hoy Otatitlán) y se refiere al año de 1521, “el año de los acontecimientos o inmediatos a él”.

La comunidad campesina corporada, un concepto acuñado por Eric Wolf, designa la etapa de centralización del poder más acabada en el nivel local. La comunidad mesoamericana como institución eje sigue operando en la Sierra y es alrededor de ella como se dan los movimientos coaxiales, tales como cooperativas, organizaciones supracomunitarias, asociaciones civiles, agencias y foros de discusión.

Los pueblos al occidente del río Juquila (véase el mapa 1) protagonizaron a su vez y por su cuenta varios episodios de resistencia, que merecían ser recordados por el mismísimo Bernal Díaz del Castillo ([1632] 1966: 360-63, 479-80). En su *Verdadera historia* Bernal Díaz, menciona por su nombre a Tiltepeque, hoy Tiltepec. Una expedición militar española fue enviada por Gonzalo de Sandoval desde Tuxtepec para explorar la Cordillera. Al entrar en los dominios de Tiltepec la expedición fue detenida por “los naturales”. Fueron los militares del señorío de Tiltepec los que vencieron a los españoles obligándolos a la retirada. Los soldados de Tiltepec les parecían a los informantes de Bernal Díaz más fieros que los mismísimos moros, a quienes conocían de las batallas de la reconquista en la península Ibérica. Utilizaban lanzas largas que no permitían acercárseles. La conquista de la Sierra se emprendió más tarde desde la región adyacente, desde Villa Alta y más bien por medios diplomáticos que militares. En el enclave colonial del lado occidental, en Ixtlán, también se estableció un cuartel y una alcaldía, todo con el fin de implementar el sistema de encomiendas y doctrinas. El éxito consistió en la “pacificación” de los pueblos mixes y zapotecos, los que sostenían conflictos militares ancestrales. En el fondo las comunidades de ambos lados apreciaban el cese de hostilidades entre los señores de guerra locales (Chance 1998).

La conquista de la Sierra duró varias décadas y estaba a cargo de capitanes particularmente sanguinarios (Chance 1998: 37-81). Parece que todo se debía a un malentendido inicial: alguien le dijo a Hernán Cortés (consta en sus *Cartas de relación*) que por ahí al sur había mucho oro y plata. El oro, efectivamente, fluía como tributo en especie hacia el centro en la época prehispánica, pero se obtenía en pocas cantidades en la región; su fuente era la arena que llevaban los ríos de la Sierra, una fuente que de todos modos se agotó a la llegada de los españoles.

Las comunidades del área de Tiltepec son siete, las mismas de hoy: Tiltepec, Josaá, Yagila, Teotlaxco, Yagavila, Zoogochí, Yaneri y Tepanzacoalco. En las estribaciones occidentales de las tierras de Tiltepec se asentó en los años 70 una comunidad llamada La Luz, proveniente de la región vecina de Atepec, que es la única que no habla el zapoteco del Rincón. La descripción de Pérez García es la

primera, según creo, que delimita bien la zona al mencionar las comunidades de ambos lados del río Juquila Cajonos que conforman el Rincón desde la antigüedad. El autor trabajó en la región como maestro rural en las décadas de los años 20 y 30 del siglo pasado. Es posible que su descripción sea también la primera en la que aparece el nombre del Rincón. En los libros eclesiásticos se manejaba el nombre de la Cordillera del Margen. En el presente trabajo me referiré a la región como Sierra Zapoteca del Rincón, el Rincón, o simplemente la Sierra.¹⁴

Un corrido popular que se puede oír todavía en las fiestas de los pueblos de ambos lados de las barrancas, a la letra dice:

Nosotros los serranos
De firmes convicciones
Luchamos como hermanos
Si existen las razones.

Así es. La copla podría ser una definición provisional de la etnia de los zapotecos del Rincón. La etnia cobra importancia en la medida en que aparecen o desaparecen las razones. Dividido internamente por la barranca del río Juquila y por la poca interacción entre las comunidades, el Rincón es sin duda una unidad cultural y ecológica. Se caracteriza por un idioma común, los usos y costumbres de su sistema político religioso, una adaptación al medio y una economía compartidas entre las comunidades de la comarca. Pero como etnia, las comunidades zapotecas serranas no logran constituirse en una unidad operativa más que en un nivel de identificación latente. El puente colgante sobre el "Río Grande", que une el camino de Yagavila a Yahuche, es el único lugar por dónde peden pasar las personas de un lado a otro de la barranca, pero no las bestias de carga ni los vehículos. El puente fue construido con el esfuerzo compartido entre las comunidades vecinas en la década de los años 50 y puede considerarse como el símbolo de la frágil unidad étnica o regional. Existe cierta identificación entre los habitantes de la región como serranos, zapotecos o indígenas (este último calificativo impuesto desde fuera), pero están lejos los lugareños de constituirse en una unidad política, económica y social en el nivel regional. Para que este proceso de coordinación se ponga en marcha hace falta construir puentes mucho más sólidos, en todos los sentidos, entre las comunidades de la región.

¹⁴ El nombre del Rincón, desde que la Cooperativa de Autotransporte de los Pueblos Unidos (los de la parte oriental) lo paseaba inscrito sobre sus autobuses con el letrero "¡Qué bello es mi Rincón!", se reafirmó en uso común dentro y fuera de la comarca.

La institución social más elaborada en el nivel regional, alrededor de la cual se gestionaba en el pasado la autonomía regional, fue el "sistema solar" de los mercados plaza. Dicho sistema nunca llegó más allá del nivel de coordinación; esto es, la región como tal nunca pudo centralizar el poder, aunque los intentos en esta dirección no faltaban, como lo ilustran los casos históricos citados más arriba. Describiré estas fluctuaciones internas de poder más adelante, aquí las menciono porque veo en ellos la pauta de *identificación-coordinación-centralización* (Adams [1975] 1982), que subyace a los movimientos en el nivel regional.

La gente de la Sierra no se plantea problemas de identidad regional ni nacional. "Yo soy de Santa Cruz Yagavila", contestan a quien pregunta sobre el asunto. "Somos de nación campesina", dicen. Los niños aprenden la historia de México de los libros de texto gratuitos y más tarde, cuando viajan por el país, se enteran de que son indios. No existe en la zona un etnónimo para designar el origen común de sus habitantes, más que el impreciso término de "zapoteco", sinónimo de "indígena". La condición de zapoteco se define por contraste con "gente de razón" (*sic*), término todavía en uso, se aplica a los paisanos que llegaron de otras partes y que habitan en Talea de Castro. Ahora bien, "cuando existen las razones" la gente de Talea también se define como indígena. De cara a la burocracia nacional los políticos locales se definen como indígenas, porque los proyectos gubernamentales tienen asignado algunos presupuestos con el criterio de "región indígena".

Veintitantos pueblos de los ya mencionados, mas unos pocos que surgieron en tiempos recientes, forman la entidad de los zapotecos del Rincón o *bēni xidza*. *Xidza* significa (en zapoteco de la Sierra de Santa Cruz Yagavila) "palabra" o "idioma" y *bēni*, "gente". La mayoría de los *bēni xidza*, según las estadísticas más recientes del INEGI, son bilingües. En casa y en el ámbito de la comunidad son hablantes de *xidza*, y en la escuela aprenden el español, en el que sólo se comunican con los extraños.¹⁵

Es importante advertir que el idioma que se habla en el Rincón no es una "variante dialectal" del zapoteco, sino una lengua por derecho propio, de la familia

¹⁵ En una temprana clasificación de los idiomas zapotecos de Mauricio Swadesh (1949) el idioma de la Sierra Zapoteca del Rincón fue llamado *nexitzo*. Desde entonces este nombre circula entre los lingüistas y antropólogos. Si preguntamos a las personas del lugar qué idioma hablan, invariablemente contestan que el zapoteco (aunque también hablen el español); cuando preguntamos por el nombre de este idioma "en zapoteco", dependiendo de la aldea, nos darán su versión dialectal: *rshidza* en Yacé, *xidza* en Yagavila, *xidzu* en Yagila, y otros parecidos. Somos *bēni xidza*, "gente que habla lengua zapoteca"; somos *bēni gatsaj' lawi yēetsi*, "gente de la comunidad de en medio", dicen los de Yagavila; somos *bēni ragishi*, "gente de la orilla del bosque", dicen los que habitan en la parte alta del pueblo. Estos son algunos ejemplos de definiciones descriptivas de identidad comunitaria, que se pueden oír en los pueblos. En ningún caso la gente usa el vocablo *nexitzo*.

de los idiomas que genéricamente se nombran como zapotecos. En la Sierra Juárez y en otras partes del estado de Oaxaca se hablan varios de estos idiomas. Con la palabra "zapoteco" sucede lo mismo que con la palabra "indio": es resultado de un error de óptica de los conquistadores, perpetuado ahora por los mismos conquistados. En los años recientes se realizaron renovados esfuerzos por dotar al *ditza xidza*, el zapoteco del Rincón, de alfabeto latino (véase Merne 1996). Las personas que aprendieron a leer y escribir algún idioma zapoteco suelen ser partidarias de la opinión de que las diferentes variantes de zapoteco se entienden entre sí después de que los hablantes se familiaricen con ellas. Como se verá más adelante las fronteras lingüísticas del Rincón (véase el mapa 2) coinciden con las rutas de comunicación e intercambio económico, siendo la principal de ellas la red del sistema de mercados plaza, de modo que los zapotecos letrados, que son los únicos que discuten estas cuestiones, tendrían razón: las lenguas zapotecas se entienden entre sí cuando están en contacto. Sin embargo, también es cierto que este contacto ya se estaba perdiendo desde tiempo atrás. En las últimas décadas, desde que se trazaron los nuevos caminos, el contacto se interrumpió bruscamente. Mientras no haya algún otro medio de comunicación entre los pueblos el español como *lingua franca* cobrará más importancia.

Los vecinos de los *bēni xidza* son, al norte, los hablantes de chinanteco, al oriente, de zapoteco bixano y de mixe, al sur, de zapoteco de Cajonos, y al occidente, de zapoteco de Ixtlán.¹⁶

Como ya se ha dicho el Rincón está dividido por la barranca del río Juquila en dos partes más o menos iguales. Hasta ahora el camino que comunica ambas porciones del territorio del Rincón no es más que una vereda, un antiguo Camino Real, con un puente colgante sobre el río Juquila, ya mencionado, que sólo se puede transitar a pie. Los pueblos de la parte oriental son Santo Domingo Cacalotepec, San Miguel Yotao, Tanetze de Zaragoza, Juquila Vijanos, La Reforma, San Miguel Talea Villa de Castro, San Bartolomé Yatoni, Santiago Lalopa, San Juan Yaeé, Santa María Lachichina, Santiago Yagallo, Santa María Yaviche. Al sur de Talea surgieron en los últimos años varios asentamientos, como el rancherío El Porvenir, el de Santa Clara y se volvió a repoblar el rancho de Santa Gertrudis, con un patrón

¹⁶ El trabajo de los lingüistas no permite llegar a conclusiones sólidas. Nader (1969), siguiendo a Swadesh, distingue nueve idiomas zapotecos: serrano, nexitzo, cajonero, bixano, del Valle, del Istmo, lachiguiri, yohueche y loxicha. Rendón (1995) distingue tres: zapoteco del valle, serrano y sureño. Barabas y Bartolomé (1999: 60) concluyen que "la falta de acuerdo entre los especialistas contribuye a oscurecer las relaciones de parentesco de las lenguas zapotecas, especialmente en las áreas de frontera lingüística". Mientras no haya este acuerdo la región y su lengua tampoco van a aparecer en los censos del INEGI.

de asentamiento (véase más adelante) diferente al tradicional.¹⁷ Los rancheríos son asentamientos de 10 hasta 20 casas y en los censos se incluyen como parte de la comunidad más cercana. La parte occidental del Rincón la conforman las comunidades de San Miguel Tiltepec, Santa María Josaá, San Juan Yagila, Santiago Teotlaxco, Santa Cruz Yagavila, Santa María Zoogochi, San Pedro Yaneri y San Juan Tepanzacoalco.

La cuenca del río Juquila Cajonos como ecosistema

Si tomamos en cuenta la configuración geográfica del lugar hay criterios firmes para considerar la región como una unidad ecológica. Los profundos valles del Rincón conforman una cuenca cuyo eje hidrológico es el río Tepanzacoalco que se une en el centro de la región con el río Juquila, afluentes ambos del río Cajonos, siendo éste, a su vez, tributario del gran río Papaloapan. Si trazamos la línea limítrofe de la cuenca del Rincón por las cumbres se ve claramente que toda la cuenca, rodeada de altas montañas, está fuertemente inclinada hacia el Golfo de México. El Cerro de la Cimera, la Montaña Mixe y la mole del Zempoaltepetl sobrepasan con mucho 3,000 metros sobre el nivel del mar. Debido a su inclinación los valles del Rincón forman un receptáculo para la humedad proveniente del mar situado a 100 kilómetros al norte. Es por esta razón por la que el clima se puede calificar como monzónico. La cuenca recibe la humedad a lo largo de todo el año y los bosques son los que la retienen y la administran. Sin los bosques la región recibiría la misma cantidad de agua, pero esta se iría en escurrimientos superficiales lavando los suelos y dejando las rocas al desnudo.

Es importante advertir que como resultado de su configuración geográfica el Rincón tiene un clima distinto al de las demás partes de la Sierra Juárez y al de la Sierra Norte en su conjunto. En su interior hay condiciones para un clima subtropical húmedo, con un promedio anual de 2,500 milímetros de lluvia. Como resultado en el Rincón prosperan formaciones bióticas de una biodiversidad superior a la de las regiones adyacentes. En ninguna otra parte de la Sierra Juárez, ni de la Sierra Madre Occidental, se puede cultivar café, caña de azúcar, mango y otros

¹⁷ No tengo claro si los pueblos más allá de Yovego, que son Yagalaxi, Lachixila, Arroyo Macho, La Palma y otros rancheríos pequeños, pertenecen lingüísticamente y culturalmente a la Sierra Zapoteca del Rincón. Algunos de estos pueblos son desprendimientos recientes de las comunidades del Rincón, razón por la cual suele llamárselos como El Rincón Bajo. Ecológicamente pertenecen a la región subtropical húmeda de Los Bajos de Tuxtepec.

cultivos tropicales, tales como papaya, cítricos y plátano. En una descripción de las condiciones geográficas, climáticas y las demás de Jerzy Rzedowski (1981: 23) el autor comenta que en la Sierra Juárez prevalecen las alturas superiores a 1,000 metros de altitud. La accidentada topografía del Rincón, sin embargo, es también una excepción a esta regla: sus barrancas descienden a la profundidad de hasta 300 metros sobre el nivel del mar.

Entre las formaciones bióticas destaca el bosque mesófilo de montaña, también llamado "bosque de niebla" a causa de la permanente presencia de nubes bajas a lo largo del año, incluso en los meses de "lluvia corta", llamada así por su duración y gota fina. En otras partes de la Sierra Norte estos meses son meses de secas, pero en el Rincón "andar por las nubes" durante todo el año no es una metáfora.

Alguna vez pude conversar con los especialistas que estudian "el mesófilo". Todos ellos se mostraban impresionados por la riqueza biológica de este ecosistema. Frente a las múltiples amenazas que se ciernen sobre el bosque (la expansión de los cafetales, la explotación de madera, la extracción de leña, la contaminación del agua y del suelo con los bioquímicos, la quema del monte y el pastoreo) los estudiosos esgrimen un argumento interesante en apoyo a la conservación. La Sierra Zapoteca del Rincón, en la que el bosque mesófilo es uno de los cinco tipos de bosque que ahí prosperan, es una "región de refugio" para las formas de vida endémicas, así como para las migrantes. La historia de la biosfera está marcada por épocas difíciles, de fuertes cambios climáticos, como los provocados por los glaciares. En tales épocas, muchas especies encuentran el refugio en las barrancas profundas, como las del Rincón.¹⁸ Y ahí quedan: en el bosque mesófilo de montaña, por ejemplo, prosperan los helechos arbóreos, plantas ahora endémicas, pero que en la época de los dinosaurios dominaban el paisaje. Los helechos arborescentes hoy en día, junto con otras plantas y animales restringidos a esta área geográfica, están literalmente arrinconados en unos pocos lugares del mundo, y la Sierra Zapoteca del Rincón es uno de estos lugares.¹⁹

¹⁸ Los biólogos investigadores con los que pude hablar sobre este tema no tienen la menor duda de que debería declararse el Rincón como zona protegida. Agradezco al Ing. Fernando Guadarrama el haberme proporcionado la información sobre las particularidades del lugar y su importancia ecológica.

¹⁹ En México una formación parecida, e igualmente espectacular, es la Sierra Gorda de Querétaro. En un área relativamente pequeña se encuentran desiertos, matorrales, lagunas, vegas, bosques de coníferas, pastizales, formaciones semitropicales, manchones de bosque mesófilo y diversos tipos de selva siempre verde. Al igual que en el Rincón, todo esto se debe a una barrera de montañas que permite retener la humedad de los vientos del Golfo, dando lugar a una variedad de climas desde seco y templado hasta húmedo y semicálido. Una superficie de 383.5 hectáreas de la Sierra Gorda fue decretada en 1997 como Reserva de la Biosfera por la Unesco.

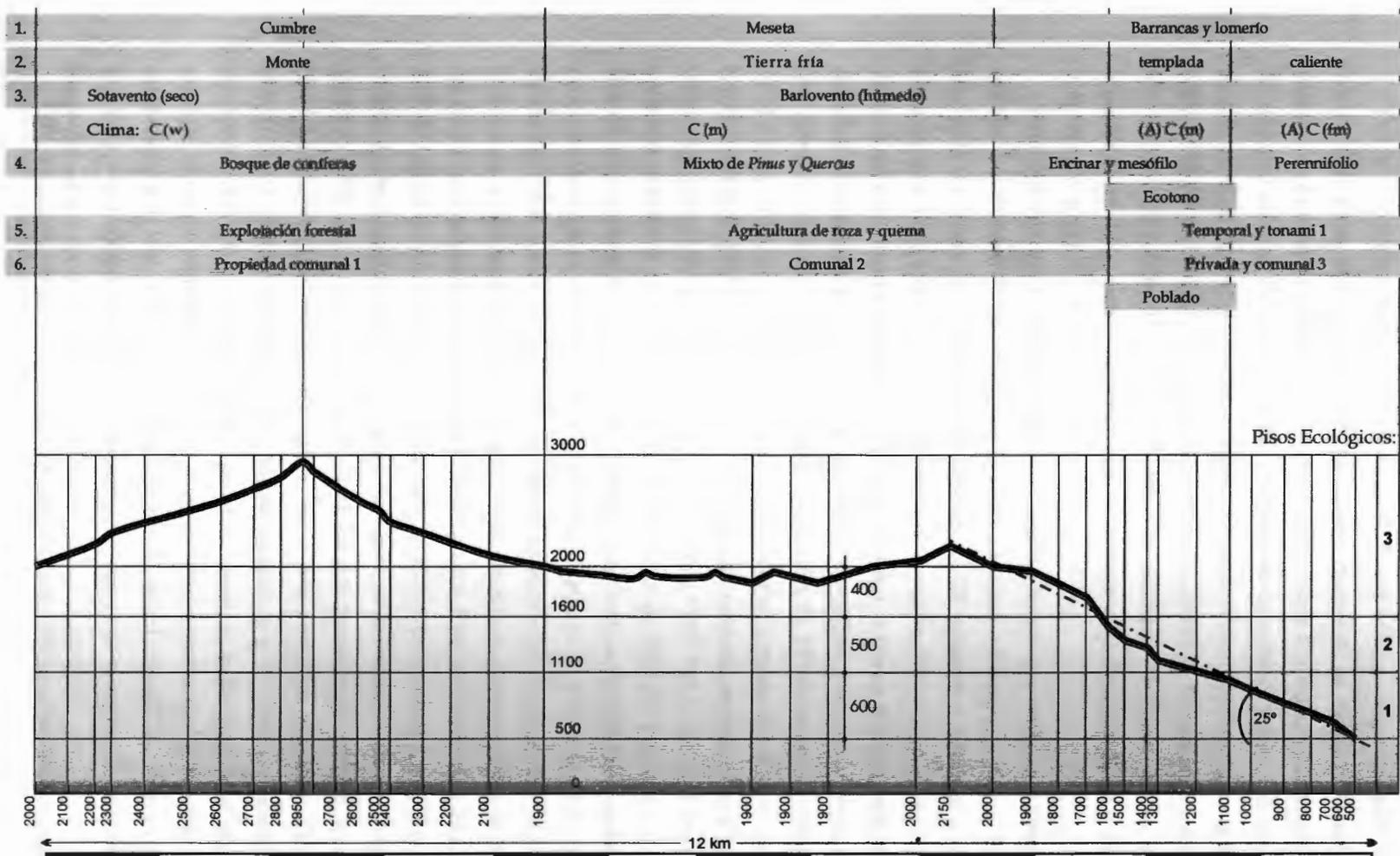
Las cumbres que rodean el Rincón, que le dan la fisonomía a la cuenca, no sólo cierran el paso a los vientos, sino que también constituyen una barrera formidable para la comunicación humana. Como ya se ha dicho, en la época prehispánica inmediata a la Colonia la región gravitaba comercial y políticamente hacia las tierras bajas de Tuxtepec.²⁰ Con la llegada de los españoles la economía regional se reorientó hacia la Antequera. Los nuevos caminos del Rincón, trazados desde los años 60, inicialmente fueron brechas madereras. La primera de ellas llevaba directo a Talea; de ella se desprendía un ramal a Yaeé y otro a Lalopa. Las brechas fueron ampliadas con el apoyo de la Comisión del Papaloapan en la década de los 70. Más tarde se abrió un segundo acceso al Rincón desde Ixtlán de Juárez. Las empresas madereras llegaban a Tepanzacoalco y de ahí hasta Yaneri; otro ramal seguía por La Cumbre y llegaba a Yagila y de ahí se prolongó más tarde (en 1983) hasta Zoogochí. Se necesitan más de seis horas de viaje en camión para cubrir el trayecto de Oaxaca a Zoogochí y de Oaxaca a Talea cuando el camino está seco.

El patrón de asentamiento

El patrón de asentamiento tiene en la zona una notable peculiaridad: todos los pueblos se ubican a medio declive de las montañas que rodean la región, en una franja de altitud entre 1,100 y 1,600 metros sobre el nivel del mar. Esta ubicación intermedia —en el *ecotono*— permite a cada comunidad el acceso desde la “tierra templada” a la “tierra caliente”, y a la “tierra fría”, simultáneamente. Colocándose en un patrón horizontal, los pueblos rinconeros se redistribuyeron el territorio en franjas verticales, que atraviesan los tres pisos ecológicos característicos de la región (véase el mapa 3). La redistribución de la tierra entre las comunidades se dio sobre la base de una racionalidad ecológica, pero fueron los procesos históricos, sociales y poblacionales, de conflictos y ajustes entre las comunidades, los que obedecían a estas razones. Tenemos aquí un buen ejemplo de cómo se acoplan ciclos de distinta índole para formar una unidad o vehículo de supervivencia, la comunidad campesina. El territorio de la región está repartido de tal manera que los microhábitats se complementan para asegurar la fertilidad de los suelos a fin de sostener una economía regional de naturaleza autárquica, orientada hacia el autoabasto (véase Tyrtania 1992).

²⁰ La gente iba a Los Bajos por algodón, cerámica y productos de palma. Todavía se cuentan en los pueblos viejas historias sobre los peligros que acechaban en Los Bajos.

Figura 2: Transecto por el Informativo de Terrenos Comunes de Santa Cruz Yagavila (véase el mapa 2)





Handwritten notes and a diagram on the right side of the page. The notes are written in a cursive script and appear to be a list of items or a set of instructions. There is a small diagram at the top of the notes, which looks like a simple sketch of a pipe or tube. The text is mostly illegible due to the handwriting and fading.

Desde las cumbres heladas en invierno, hasta los bosques tropicales siempre verdes de la parte baja, pasando por los bosques mixtos de en medio, el Rincón parece ser una miniatura del hemisferio en lo que se refiere a la variedad de climas y formaciones bióticas. Pero es la cultura, en el sentido de *ambiente benigno* (tal como se definió en el capítulo 1), la que se hizo cargo de las características locales y las puso a trabajar en conjunto, en un sistema energético complejo. El acoplamiento de los diversos microhábitats, distribuidos en pisos ecológicos horizontales, en un esquema vertical de tenencia de la tierra permite mantener la fertilidad de los suelos y de las comunidades.

Para apreciar estas características de la región tómesese en cuenta el siguiente cálculo. Los parámetros de latitud para la Sierra Zapoteca del Rincón son de 17°16' Sur y 17°34' Norte. La diferencia es apenas de 28 minutos y equivale a 35 kilómetros en línea recta trazada por el centro de la región. En un tramo tan corto no es de esperar ninguna variación de clima. Así mismo, la flora y la fauna del lugar deberían corresponder a las que son típicas de 17° de la latitud norte. Ahora bien, lo que sucede es que en el mismo intervalo de distancia de 35 kilómetros, la altitud varía en un rango de 3,000 metros. Esto es algo inusual a escala del mundo. Los estudios sobre la disposición de la vegetación de alta montaña reportan que 1° de latitud equivale a 100 metros de altitud (Spurr y Barnes 1982: 29). Si ese resultado es aplicable también a las montañas de la Sierra Norte de Oaxaca, entonces en el Rincón encontramos las condiciones geográficas para una variedad de ecosistemas típica del hemisferio (!). Si viajáramos, al vuelo de pájaro, la distancia desde las tierras frías del círculo polar hasta las tierras calientes del ecuador, que es un trayecto de más o menos 45,000 kilómetros, encontraríamos climas que van desde los fríos hasta los tropicales, pasando por los templados. Este viaje equivale a cruzar 300° de latitud del globo terráqueo; ahora bien, en el Rincón equivale a bajar 3,000 metros desde la cumbre hasta el río, en un viaje que puede hacerse en unas cuantas horas (o subir, en su caso, en un par de días). En este tramo encontraremos cinco tipos de bosque: (1) el bosque de coníferas en lo más alto de la montaña, (2) el bosque mixto un poco más abajo, (3) el bosque de encinos y (4) el bosque mesófilo en medio, mas (5) el bosque tropical perennifolio en la parte baja. Una gran cantidad tipos de vegetación secundaria y de biota intervenida por el hombre se presentarán a lo largo del trayecto. Todo un mundo en miniatura.²¹ Lo anterior es una apretada descripción de las características ecológicas de la región, la cual, sin

²¹ En otro lugar he descrito la región con cierto detalle (Tyrntania 1992); aquí me sirvo de algunas conclusiones de aquel trabajo.

embargo, ayuda a entender la importancia de dicha región para la conservación, en especial por el hecho de que la región es productora de agua, la cual se va río abajo hacia la cuenca del Papaloapan.

7.2 La estructura espacial del agroecosistema

Entiendo la ecología como el estudio de los escenarios de las conversiones energéticas y de sus mecanismos de regulación. Para describir la adaptación concreta de la sociedad a un medio específico, según la lógica del modelo de flujo sustantivo y flujo regulador, adoptada en el presente trabajo, utilizaré los siguientes tópicos: la estructura espacial del agroecosistema, el ritual del trabajo, la reciprocidad, el sistema regional de mercados plaza, el sistema político autóctono y la dinámica poblacional. Los tópicos mencionados se refieren precisamente a mecanismos de regulación.

El reparto del territorio por pisos ecológicos es la principal característica de la estructura espacial local. Hablando en términos abstractos, es un dispositivo o *mecanismo* (en el sentido de "regularidad", véase el apartado 6.2), el cual tiene que ver con la eficiencia entrópica del agroecosistema [*entropic predicament*], una idea que comenté en el capítulo 5 y que es aplicable al caso.

No es lo mismo trabajar la milpa en un solo nivel ecológico que tener alternativas de acceso a una variedad de niveles o pisos ecológicos. En el caso del Rincón hay siembras de maíz distintas en cada piso o microhábitat y distintas asociaciones de cultivos que elegir para ello; hay distintas técnicas de cultivo, procedimientos y herramientas que aplicar; hay diferentes tipos de propiedad o de tenencia de la tierra y hay muchas posibilidades de mancomunarse para el trabajo. Existen patrones de intercambio, los cuales permiten corregir los fracasos humanos o los desastres naturales y compensarlos con los éxitos obtenidos en otras partes. Estos patrones se desarrollan sobre la base de la reciprocidad. El presupuesto teórico es que los flujos energéticos de un ecosistema se regulan por medio de estructuras sociales, configurando el todo como un *agroecosistema*. Los reguladores de ese "todo" son locales, regionales, nacionales y algunos internacionales.²²

²² Los precios del café, por ejemplo, se deciden en mercados de valores de Amsterdam y Nueva York, influyen en ellos las sequías locales en lugares remotos, la sobreproducción regional, los estímulos fiscales nacionales y así sucesivamente.

El concepto de *piso ecológico* ha sido introducido por John V. Murra en sus trabajos sobre la etnohistoria del mundo andino. El éxito en la expansión del imperio inca se debía, según el autor, al manejo simultáneo y complementario de los distintos niveles ecológicos del masivo montañoso de los Andes (Murra 1975). Es bien sabido que la estrategia de conectar diferentes ecosistemas es el secreto de la expansión de las sociedades humanas. En la antropología mexicana fue Angel Palerm quien introdujo esta idea en sus trabajos sobre la región de Texcoco. Aunque Palerm no manejaba explícitamente el concepto de piso ecológico, su argumento fue parecido, si no el mismo, que el de Murra: la geomorfía del área de estudio debe integrarse al análisis como un factor de peso explicativo. El manejo de agua, suelo, vegetación, mano de obra, tecnología y demás factores, es diferente en "la sierra", en "el somontano" y en "las tierras bajas", debido precisamente a los condicionamientos ecológicos (Palerm y Wolf 1972). El concepto se usa ahora en las descripciones de la problemática ambiental y en muchas regiones de Mesoamérica se volvió de referencia obligatoria (por ejemplo, Viqueira 2002: 398).

La Sierra Zapoteca del Rincón es un mosaico ecológico de microhábitats en donde la temperatura, la humedad, los suelos y la vegetación varían con la altitud. De esta manera el medio se constituye en tres pisos ecológicos bien diferenciados: tierra caliente, tierra templada (ecotono) y tierra fría. Los factores selectivos introducidos por el hombre son: la agricultura, la horticultura, la cafecultura, la cría de animales, el pastoreo, los incendios forestales, la explotación de madera, la extracción de leña, los caminos, los asentamientos humanos y otros más. Esta complejidad sería inabarcable conceptualmente si no fuera porque obedece a un cierto orden interno en el sentido de que muestra una "estructura útil", que se manifiesta en un tiempo y espacio dados. La distinción entre tierra caliente, templada y fría, que hace la gente del lugar, permite aplicar el concepto de estructura, la cual consiste en comparaciones, en este caso, la estructura de la localidad.

Se han propuesto varias herramientas para abordar el estudio de los agroecosistemas tradicionales. Hans Ruthenberg (1980) propone el concepto de la *organización espacial del agroecosistema*, que facilita la descripción de una determinada adaptación específica y la comparación con otras similares. Edmund Leach (1975) propone un concepto afín, el de la *estructura de la localidad* y le confiere cierto poder explicativo, a diferencia de otras "estructuras", como la estructura de parentesco o la estructura social, que tacha de "metafísicas aunque iluminadoras". Muchas de las "cosas sociales", según Leach, se explican por el prosaico hecho de que el agua cae

para abajo y se evapora hacia arriba: "Resulta mucho más fácil para los seres humanos adaptarse a la configuración del territorio que adaptar el territorio a sus caprichos" (1975: 12).

Pero hay un aspecto de estas y otras herramientas de la ecología cultural que debe hacerse explícito, cosa que los autores mencionados no hacen. Es el reconocimiento de la dinámica de los flujos energéticos, la que imprime su sello sobre una adaptación concreta. Primero, todo sistema funciona a expensas de otros sistemas; segundo, los sistemas que tienen relaciones de realimentación entre sí responden a los problemas de supervivencia de manera similar, con la sobrerreproducción de acuerdo con el algoritmo darwiniano. Esto también se aplica a los ambientes intervenidos por la cultura.

La cultura en tanto mapeo mental de las condiciones energéticas y ecológicas es un elemento macrorregulador, que permite sostener la expansión. La cultura opera como un ambiente o, mejor dicho, como una nueva dimensión del mismo, en el sentido en que pone a trabajar en conjunto los sistemas de distinta naturaleza y composición, que de otra manera seguirían sus trayectorias energéticas por su cuenta, otros ni siquiera existirían (véase el apartado 1.5). La cultura permite la combinación de sistemas energéticos en *unidades operantes* nuevas, esto es, en *vehículos de supervivencia* inclusivos. La selección termodinámica es la encargada de verificar la viabilidad de cada vehículo y de cómo encaja éste en la estructura preexistente. Esta manera de ver las cosas va de acuerdo con la definición de *evolución* como "la interconexión entre los procesos físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales" (Georgescu-Roegen 1996: 395).

Describiré a continuación el mosaico de microhábitats que maneja la comunidad de Santa Cruz Yagavila, para demostrar que la administración de los pisos ecológicos con base en un patrón vertical es una adaptación que aprovecha las ventajas de este ecosistema particular al máximo. La relación de la sociedad campesina con su medio es de naturaleza sistémica y sigue el patrón de detonador/flujo. El flujo energético "principal" es el de la fertilidad de los suelos, la fertilidad de las especies involucradas y la de la población humana. La estructura reguladora es de naturaleza sociocultural y se basa en el conjunto de instituciones, con sus códigos y procedimientos, que permiten la toma de decisiones acerca del uso o no uso de una determinada tecnología.

El manejo de microhábitats

Veamos el Rincón al vuelo de pájaro. Los microhábitats de la Sierra Zapoteca del Rincón constan de (1) comunidades bióticas casi no perturbadas, (2) comunidades perturbadas parcialmente y (3) comunidades antropogénicas (la clasificación es de Miranda y Hernández 1963: 29). Los bosques pertenecen a la primera categoría, los matorrales, a la segunda y las milpas, los huertos y los cafetales, a la tercera. En conjunto forman una unidad ecológica, que se puede calificar como *agroforestería* (no porque existe una explotación forestal, sino por la simbiosis entre la agricultura y el manejo del bosque como característica principal del sistema).

Los bosques en estado maduro prosperan sobre barrancas y laderas demasiado inclinadas como para aprovecharlos con fines agrícolas. Esta es una característica del lugar que impide la expansión de la agricultura intensiva. La importancia de los bosques radica en el hecho de constituir la reserva del plasma germinal para toda la región y hasta una reserva biológica para la biosfera, si se toma en cuenta el argumento comentado más arriba (apartado 7.1). Si el plasma germinal no fuera disponible en su variedad, el territorio intervenido por el hombre no podría ser repoblado con eficacia.²³ Por otra parte, es importante tomar en cuenta que los bosques retienen el agua y los nutrientes; concentran la humedad de la lluvia, condensan la neblina (en época de secas) y extraen de agua del subsuelo. Los bosques producen el humus, reciclan los nutrientes y sostienen las reservas de biomasa. No existe una "tecnología alternativa" para tal cúmulo de funciones. Es imposible imaginar el funcionamiento del sistema sin la contribución de los árboles. De ahí el calificativo de "agroforestería" para la práctica agrícola en el lugar.

En el Rincón los bosques maduros se dan en forma de manchones en las barrancas muy inclinadas y galerías al lado de los ríos. Están expuestos a los incendios forestales y a la extracción de madera y leña. El fuego puede ser destructor, pero para que se produzca un incendio de copas de árboles es necesario que haya una sequía excepcional, de tres meses o más. La gente del lugar recuerda sequías e incendios devastadores de los años de 1941, 1983 y 1998. De todos modos, un fuego que consumiera el bosque por completo está impedido por la topografía, la cual no permite que se propague por toda la zona.

²³ En muchas partes de la Sierra Madre fuera del Rincón pueden observarse extensas áreas cuya biota está simplificada en extremo, como -por ejemplo- los terrenos pobladas de eucaliptos. El eucalipto es un árbol traído de otra parte del mundo, pero que aquí crece sin enemigos naturales ni asociaciones biológicas de origen.

En cuanto a la extracción de madera, en la Sierra Zapoteca del Rincón el asunto está controlado de manera bastante eficaz por las autoridades comunitarias, las que gobiernan en una especie de autonomía *de facto*, por usos y costumbres. El entresaque de madera sólo se permite a los miembros de la comunidad y con el permiso explícito de la autoridad. No se permite "la venta de palos" ni a propios ni a extraños. No hay todavía aserraderos en la zona, aunque ya se está usando motosierras portátiles. El sistema de control comunitario (es la Asamblea del Pueblo la que decide las reglas en cada pueblo) no es una garantía a largo plazo, pero hasta ahora funciona. Una de las comunidades rinconeras, la de Tanetze de Zaragoza, está dividida al respecto: los comuneros dueños de monte consideran que debe permitírseles la explotación del recurso, mientras que los cafecultores de tierra caliente, situada debajo de la franja de los bosques comunales, se oponen a ello, y con buenas razones: los deslaves de aquella parte perjudicarían los cultivos de abajo. Dicho sea de paso, la explotación forestal en otras partes de la Sierra de Juárez (fuera del perímetro del Rincón) está en manos de municipales locales, coludidos con políticos estatales y gerentes de empresas madereras extranjeras, dándose una fórmula de complicidades que no asegura ningún estado de "equilibrio ecológico" ni deja absolutamente nada de beneficio a las comunidades "dueñas" del recurso. Esto en relación con los bosques.

Las formaciones bióticas intervenidas parcialmente son aquéllas que se encuentran en diferentes fases de sucesión, conformando un continuum desde la milpa en barbecho hasta los matorrales, desde los huertos y cañaverales hasta el monte bajo. En la Sierra se practica la agricultura de roza y quema en el monte, en el nivel intermedio predomina la horticultura y la cafecultura; en la tierra caliente el cultivo es semi permanente, con milpas de tonamil y otros arreglos. (Una descripción pormenorizada de los manejos agrícolas en Santa Cruz Yagavila véase en Tyrtania 1992.)

En relación con la agricultura de roza y quema existe una opinión más o menos generalizada que ésta es una agricultura "nómada", un procedimiento primitivo, devastador e ilegal. Quien esté familiarizado con un medio como la Sierra, inevitablemente sostendrá la opinión contraria. Los estudiosos de la agricultura campesina como Efraím Hernández Xolocotzin y Francisco Mirnda, autores de reconocida reputación, en un estudio sobre la cuenca de Papaloapan (Miranda y Hernández 1963) concluyen de que "la agricultura de tumba, roza y quema es el único sistema viable para el aprovechamiento agrícola de extensas áreas de la cuenca de Papaloapan". El Rincón es, sin duda, una de estas áreas,

Desde luego, todo esto es cierto sólo cuando el manejo del recurso es adecuado y se respetan todas las reglas del procedimiento. Sobran ejemplos en el sentido contrario.²⁴ La agricultura de montaña es un arte de lo posible. El principal problema que enfrenta es el de los suelos someros, que deben sostenerse en superficies inclinadas y lechos rocosos. Sin una cubierta vegetal protectora el humus de estos suelos se deslava. De ahí que un cultivo permanente llevaría a la erosión. La agricultura de roza y quema, como cultivo estacional, interrumpido por los ciclos precisos de barbecho, permite recuperar la fertilidad de los campos, pero solamente si se practica en una determinada proporción entre la superficie cultivada y la total disponible para la agricultura. Es precisamente la rotación de los terrenos de cultivo la que permite dejar la máxima cantidad del territorio cubierto por la biota natural.

¿Cuál podría ser la proporción ideal entre la superficie cultivada y la que debe dejarse cubierta por la vegetación sin que se comprometa la fertilidad del sistema a largo plazo? En un estudio de Alden R. Hibbert sobre la deforestación (citado en Spurr y Barnes 1982) se proporcionan los siguientes datos. Para el primer año después de la tala, la pérdida promedio de agua superficial del manto freático es de alrededor de 2 milímetros por 1% de superficie de bosque removido. La generalización se hizo a partir de 30 estudios de caso en distintas partes del mundo. Valiéndonos de éste resultado podríamos calcular los daños de la siguiente manera: con 10% de superficie removida se perderán 20 milímetros de agua, con 20%, 40 milímetros, y así progresivamente. Pero resulta que esto no es así. ¿Por qué? Porque un ecosistema no es un sistema lineal. El problema radica en el comportamiento estocástico de los factores. Según el mismo estudio la proporción entre la superficie deforestada y la que permanece cubierta permite sostener el sistema hasta cierto umbral crítico, que es de el de 15 por ciento. Después de la remoción de más de 15 por ciento de superficie los cambios empiezan a presentarse de manera irregular y catastrófica. Los suelos se deslavan, se desprenden o se lateralizan (se vuelven

²⁴ Existe en la región una comunidad que se llama La Luz. No tiene santo patrono ni campana porque es una comunidad que tuvo su origen en un cisma religioso: la gente de La Luz son evangélicos que salieron en los años 70 de Atepec para asentarse en las tierras altas de Tiltepec. Los campesinos de La Luz no tuvieron conocimiento previo de su nuevo hábitat y hasta la fecha se comportan como auténticos novatos. Están forzando la tierra con cultivos permanentes, practican el desmonte completo, emplean abonos artificiales, usan semilla "mejorada", pesticidas, realizan arado profundo e implementan toda clase de innovaciones de la llamada agricultura moderna. También utilizan motosierras para la tala del monte y alquilan sus servicios de leñadores motorizados en las demás partes de la Sierra. Con todo esto practican una especie de guerra contra la naturaleza cuyos resultados son desastrosos, aunque todavía no se notan, porque hay mucho territorio por conquistar. Los otrora dueños de aquellos terrenos, la gente de la comunidad de Tiltepec, lamentan el maltrato de la tierra y no ocultan su arrepentimiento por haber permitido a los exponentes de "la ética protestante y el espíritu capitalista" la ocupación de aquella parte de su territorio. (He oído que en 2001 la comunidad de Tiltepec estaba haciendo gestiones en la oficina de Semarnap de Oaxaca para que intervenga en el caso.)

tepetate). Los cambios en el régimen de lluvia también se vuelven bruscos e irregulares: las precipitaciones se presentan más intensas, pero de menos tiempo. El ecosistema pierde la capacidad de retener el agua y ésta se lleva consigo los nutrientes que ya no pueden ser interceptados. El sistema se vaciará con mayor velocidad de la que puede recuperarse. Hay un punto crítico, pues, pasado el cual, la erosión de grandes superficies y la degradación del ecosistema es irreversible. Hay muchos ejemplos de esto en la Sierra de Oaxaca; quien ha viajado por las tierras mixes o las mixtecas pudo ver cerros y pueblos enteros en vilo.

Como ya se ha dicho (capítulo 2), nada sabemos acerca del valor total de la energía de un sistema. Lo que se puede hacer para ciertos propósitos es examinar la relación entre los flujos que se manifiestan a través de sus marcadores y relacionarlos entre sí por medio de un modelo. El modelo de detonador/flujo permite producir hipótesis sobre la proporción entre el flujo regulador el flujo sustantivo. Para un buen funcionamiento de un sistema de agroforestería, como lo es el de la Sierra Zapoteca del Rincón, es necesario mantener una cierta proporción entre la biota natural y su contraparte simbiótico parasitaria que es la agricultura. Esta proporción es de 15 por ciento de superficie deforestada para la agricultura y 85 por ciento de superficie boscosa, según el cálculo propuesto más arriba. Dicha proporción marca también el límite de la expansión de la agricultura en términos precisos.

Tomando en cuenta la definición del sistema como una coexistencia de bosque con la agricultura he calculado sobre tres tipos de materiales disponibles la proporción entre la superficie cultivada y la cubierta por la vegetación.²⁵ El resultado es que dicha proporción fluctúa alrededor de 15% de superficie cultivada y 85% de superficie cubierta con la vegetación natural, tal como lo propone Hibbert. Eso para la región como un todo; porque si se observan algunas partes por separado (por ejemplo, la región al sur de Talea, véase el mapa 7) se puede encontrar hasta 30% del territorio al descubierto. Los cálculos abarcan periodos de los últimos 20 años, de 1980 en adelante, y se han hecho a partir de una técnica llamada "dominancia visual". Las fotos aéreas demuestran que la proporción de 15 por 85 no varía en el tiempo: el sistema se encuentra en una suerte de estado estacionario.

Sobre esta base funciona el sistema. Las técnicas de cultivo que se practican en la región incluyen la protección y la recuperación del suelo cultivado. El cultivo de la milpa de roza y quema en la parte alta, la técnica de barbecho en las milpas de la

²⁵ Me refiero a las fotos aéreas del Rincón de Aerofoto de 1979, fotos aéreas de INEGI, disponibles desde 1985 hasta la fecha con intervalos de cinco años y fotos de satélite, también de INEGI, de 1996. Se anexa la última como ejemplo (véase el mapa 7).

parte baja, la horticultura, el cultivo de caña y plátano, la cafecultura y los demás policultivos que se implementan en terrenos agotados, todos ellos apuntan hacia la estrategia de la protección máxima de la fertilidad del ecosistema. La estrategia de "la protección máxima" (Odum 1972: 296) busca apoyo en estructuras complejas de biomasa, en contraste con la tendencia de la agricultura moderna que busca la máxima productividad a corto plazo, lo cual se consigue con la simplificación de las asociaciones bióticas. Como lo dice otro autor, el secreto de la agricultura tradicional consiste en "mantener la estructura preexistente del ecosistema natural sobre el cual se proyecta" (Geertz 1963: 16). La horticultura del Rincón es un buen ejemplo de esto: la arquitectura del bosque se proyecta sobre el espacio que ocupa el huerto. Así mismo el "complejo milpa" es un policultivo que repite las etapas de sucesión del ecosistema local: la milpa se transforma en matorral, cañaveral, huerto, bosque bajo, según el caso. La cafecultura, en cambio, como una monocultivo especializado implica una simplificación del ecosistema con los riesgos que esto atañe.

Para advertir la presencia de los huertos en el pueblo hay que entrenar la mirada, porque se confunden mucho con el entorno natural. Más de cincuenta especies hacen posible la horticultura en el Rincón. Para dar una idea aproximada de esta riqueza enumeraré algunas. Entre los árboles frutales grandes tenemos mamey, aguacate, mango, guajinicuil, anona e higuera. De los árboles pequeños se cultivan naranjo, limón, lima, toronja, zapote, guayabo, jobo, durazno, capulín, níspero, pimiento, ciruelo e higo. Al estrato arbustivo corresponden plátano, papaya, chile, cacao y cafeto. En el estrato herbáceo encontramos caña de azúcar, chayote, calabaza, yuca, piña, nopal, verduras y una gran variedad de plantas medicinales.

Los huertos de Santa Cruz Yagavila resultan ser una imitación del bosque mesófilo en la medida en que repiten los estratos de este bosque, que son cuatro: el rasante, el herbáceo, el arbustivo y el arbóreo. La disposición estratificada de estas formaciones aporta numerosas ventajas: el reciclaje de nutrientes es cerrado, el control de enfermedades es biológico y la producción de biomasa es superior a la de los demás cultivos si la calculamos por unidad de insumo de trabajo (Gliessman 1981). A esto se refiere el cálculo de la eficiencia entrópica. Si calculamos todo en términos de los precios del mercado, la agricultura de la Sierra es ineficiente. Y, sin embargo, sus ventajas ecológicas locales y a largo plazo la vuelven la única viable en estas circunstancias.

7.3 El ritual del trabajo

El hombre se relaciona con la naturaleza mediante el trabajo. Es un lugar común, pero no por eso se entiende sin preámbulos. ¿Qué quiere decir *trabajo*? Trabajo es un proceso de transformación energética que constituye algún tipo de realimentación. En este sentido todos los sistemas abiertos pueden definirse como sistemas basados en el trabajo. La respiración, el bombeo de sangre, la fotosíntesis, la lluvia, el trabajo agrícola, todos estos fenómenos son ciclos de intercambio de materia, energía e información. En física el trabajo es una forma de energía y se hace la distinción entre trabajo y energía porque una cantidad dada de trabajo siempre produce una determinada cantidad de calor, pero no al revés: una determinada cantidad de energía puede producir mucho o poco trabajo y también puede degradarse sin producir trabajo alguno, como es el caso flujos que no producen más que entropía.

En economía, el trabajo es una "variable de producción", uno entre los demás factores y se lo concibe como el factor de creación del valor agregado. Así planteado, el trabajo no se relaciona con la energía ni con sus leyes. Hasta la fecha los economistas se niegan rotundamente a "importar la categoría termodinámica de trabajo" a su ciencia. En las demás ciencias sociales persiste la misma negativa. El resultado es que los cálculos de productividad discriminan los insumos y generalmente relegan el trabajo humano (véase el capítulo 5).

Entre todas las posibles definiciones del trabajo me gustaría resaltar aquí una que tiene un fuerte matiz antropológico: el trabajo como *ritual*. Por extraño que parezca, es una definición compatible con la termodinámica y con la teoría de la selección concebida como autoorganización de sistemas.

El ritual, "conjunto de reglas que se siguen", es un código que se hereda y se transmite (con variaciones). El trabajo es un proceso de transformación energética, que maneja materiales, pero que también transmite la información. Para pensar el ritual como código, ante todo, hay que deshacerse de la idea según la cual los rituales se refieren únicamente a las cosas sagradas o espirituales. ("¿Habrá en la Tierra algo sagrado o algo que no lo sea?" se pregunta Jorge Luis Borges). Fue Edmund Leach quien llamó la atención en la antropología sobre el hecho de que el binomio "cosa social/ambiente natural" deriva de una distinción arbitraria entre lo sagrado y lo profano.²⁶

²⁶ "En mi opinión no puede sostenerse la proposición tan estricta de Durkheim de que las cosas sagradas y las cosas profanas son categorías perfectamente separables y aplicables a sucesos distintos en su naturaleza,

El ritual del trabajo de cada día, la rutina de las "artes de subsistencia", es un proceso por medio del cual no sólo se capta y se transforma la energía y los materiales, sino también se procesa la información. La regla general es que los flujos energéticos siempre transportan la información.

¿Cuál es el *locus* de la información, esto es, el flujo energético sobre el que "cabalga" la información, la que permite ensamblar las estructuras sociales? En términos generales se puede decir que la experiencia se acumula como información en la memoria química, genética, fisiológica, conductual e institucional, esto es, en el "inconsciente de la organización", según una expresión de Margulis (1996), en donde se guarda para que no esté expuesta, en lo posible, a modificaciones y pérdidas. Se "guarda" en el sentido en que se reproduce: la estructura es proceso.

Las sociedades humanas emplean una gran cantidad de códigos para entender el mundo, para entenderse a sí mismas y para entenderse entre ellas. Es la capacidad humana de simbolización, la cultura, la que permite esa multiplicidad de descripciones y de una gran cantidad de ensambles de formas energéticas y vehículos de supervivencia. Eso, a su vez, da lugar a una diversidad de sociedades: no todas utilizan los mismos códigos.

La sociedad, como cualquier otra unidad operativa de naturaleza energética, conserva un mapa cognoscitivo de la realidad. La "costumbre", la "gran tradición", la "cultura", son algunas denominaciones para designar ese tipo de memoria colectiva, la que guarda la remembranza de las funciones adaptativas pasadas. Entre ellas tenemos los rituales. El ritual en sí es un código informático que permite implementar y reproducir la experiencia y los éxitos del pasado. Los códigos como estructuras que son, a su vez sólo pueden existir en relación con el ejercicio energético correspondiente, en este caso, con el trabajo. Las rutinas del trabajo muestran ese doble aspecto de los procesos evolutivos: el de transformador de energía y el de procesador de información.

Las tareas agrícolas se pueden analizar en su aspecto de práctica común "a través de la cual los miembros de una sociedad se muestran a sí mismos el esquema modelo de la estructura social dentro de la cual viven", como dice Leach. En una sociedad en la que todos se ganan la vida cultivando el campo, en un medio tan complejo como lo es el Rincón, el trabajo es el principal depósito de experiencias

tiempo y lugar. Para que resulte útil, una distinción categórica debe aplicarse a aspectos del comportamiento considerado como una totalidad, en lugar de aplicarse a los aspectos separados del mismo comportamiento. Los rituales a través de los cuales los miembros de una sociedad se muestran a sí mismos el esquema modelo de la estructura social dentro de la cual viven, tienen lugar todo el tiempo, tanto en asuntos cotidianos como en situaciones explícitamente ceremoniales" (1975: 37, traducción y subrayado mío).

que se aprenden y se implementan de generación en generación. La cultura es la que permite una transmisión de la información horizontal, esto es, entre las generaciones contemporáneas, tanto como entre las generaciones sucesivas.

El enfoque energético, con la capacidad de síntesis que tiene, permite recuperar algunas viejas ideas. El trabajo como un procesador de energía e información puede entenderse, como lo propuso en su tiempo el economista ruso Aleksij V. Chayanov: como un balance entre la fatiga y el consumo. La gente de campo necesariamente efectúa este cálculo. Aumentar el trabajo o disminuir el consumo, he aquí el eterno dilema del campesino. El cálculo se basa en una norma sistémica: los sistemas abiertos se debaten continuamente entre ampliar o reducir sus fronteras. Pero hay algo más, en toda expansión/contracción energética hay límites determinados por el estado estacionario. En todo trabajo, por más que se quiera intensificar los rendimientos, tarde o temprano se llega al punto de rendimientos decrecientes²⁷ o, como dicen los economistas, a la disminución de la ganancia marginal. El ritual de trabajo (con su ritmo de esfuerzo y descanso) es un autorregulador del sistema, en el sentido en que maneja los ritmos de expansión/contracción energética a través del cálculo que hacen los involucrados. Una vez más, el asunto del cálculo de la proporción de *trigger/flow* no es un asunto lineal: no se puede aumentar el trabajo esperando siempre el mismo aumento de producción como el resultado. Tarde o temprano llega el momento de rendimientos decrecientes.

Tómese un caso como ejemplo. He contado las jornadas de trabajo de un grupo doméstico, representativo del estrato medio de la comunidad de Santa Cruz Yagavila. Los trabajos agrícolas equivalen en total a siete meses de jornadas de ocho horas en promedio, que se reparten entre los seis miembros de la familia. El padre tiene 64 años, la madre 45, siguen dos hijas de 23 y 20 años mas dos varones de 17 y 13 años. En el corte de café y en la zafra trabajan todos; de la labranza y la recolección de leña se encargan los hombres. No pude calcular el trabajo doméstico de las mujeres por las dificultades inherentes a la tarea. Los hombres piensan que el trabajo en la milpa es más pesado que el trabajo doméstico; el hecho de que el trabajo doméstico sea de todos los días y el de la agricultura de siete meses, no los hace cambiar de opinión. Pude discutir con los integrantes de la familia el asunto del rendimiento de trabajo. ¿Por qué no trabajan más? "Hay más tiempo que vida", contestan. Efectivamente, la unidad doméstica como un todo hace un cálculo bastante exacto del trabajo comparando el abasto y el consumo. Los miembros de la

²⁷ Sobre la definición de este concepto y su manejo en antropología véase Harris 1982: 266.

unidad calculan todo el *input* en relación con un determinado nivel de consumo, que también ellos deciden. Incluyen el cálculo de un posible superávit, tal como lo explicó Chayanov, pero *se niegan a trabajar más para obtener menos*. Esta es una regla que se entiende perfectamente a partir de la lógica de los flujos energéticos. Sobre el pesado trabajo agrícola a menudo se tiene la idea de que no es más que la aplicación de la fuerza bruta. Es justamente lo que el campesino evita. Debe haber una muy buena razón para invertir más esfuerzo en la milpa porque de todos modos llega el umbral del rendimiento decreciente. Dicho lo mismo en términos sistémicos, toda expansión energética tarde o temprano llega a un punto en el que topa con sus propios límites. Las estructuras disipativas se caracterizan por lo que Blackburn resume como "limitación de costo de transportación". Una faceta de este costo es que la productividad neta tiende a cero, debido al costo energético del mantenimiento de esa estructura (Blackburn, véase Tyrntania 1999: 27).

Pero a veces sí hay razones para trabajar más. Este razonamiento (el cálculo preciso entre el consumo y el trabajo) el campesino lo hace en función de la unidad doméstica como un todo. La familia elegida como ejemplo está en una especie de estado estacionario: el padre cumplió con todos los cargos en la escalera político religiosa y los hijos son todavía solteros. Cuando crezcan y se conviertan en ciudadanos, miembros plenos de la comunidad, tendrán que cumplir con los cargos del servicio a la comunidad. Entonces ellos y toda la unidad doméstica trabajarán más o se dividirán en unidades más pequeñas. Son de cuatro a siete los cargos, de un año de duración cada uno que un ciudadano debe cumplir a lo largo de su vida. Los cargos consisten en servicio gratuito de tiempo completo en la Agencia Municipal, en la Iglesia y en el Comisariado de Bienes Comunales. La vida política y ceremonial es un gran incentivo para la productividad en las comunidades campesinas que se manejan de modo "corporado", como lo indicó Wolf (1981). Otros incentivos son, según el mismo autor, el "fondo ceremonial", esto es, los costosos rituales de paso, como el bautizo, la boda y las demás fiestas o ceremonias. También obligan a un mayor esfuerzo los estudios de los hijos, los viajes al exterior, las mayordomías y los compromisos de compadrazgo dentro y fuera de la comunidad. El incentivo de los precios, dicho sea de paso, no funciona por razones del mercado. El precio de maíz ni el de café ni el de panela representan estímulo alguno a la productividad. No son cultivos "económicos", sino que se cultivan por razones netas de supervivencia. Tampoco el precio del salario es un gran estímulo. El salario promedio en la Sierra es la mitad más bajo que el salario mínimo oficial. Esta circunstancia ya dura décadas. En el corte de café, por ejemplo, se paga \$20.00

pesos por jornada, siendo el salario mínimo de Oaxaca de \$37.50 pesos (en el año 2001, con el dólar spot a \$9.40 pesos).

Más de la mitad de las unidades domésticas de Santa Cruz Yagavila vive en el nivel de subsistencia, trabajando lo necesario para asegurar el autoabasto. El otro grupo de las unidades domésticas realiza un esfuerzo adicional por razones ya mencionadas: para contribuir al fondo comunitario, al fondo ceremonial o para solventar algún proyecto particular suyo. Un pequeño porcentaje de (calculo un 3% del total), se pueden calificar como pobres. Generalmente son unidades domésticas compuestas por un solo individuo. Su precaria situación económica se debe a que por alguna razón tienen deshechas sus relaciones de parentesco y quedaron a la intemperie social.

La agroforestería de los *bēni raguishi* se basa en diversas fuentes de energía (el sol, el fuego, el agua, las plantas, los animales), mientras que la energía auxiliar, la que acciona los mecanismos detonadores, proviene del trabajo vivo. El trabajo en este sentido es más que la mera aplicación de la fuerza bruta, es un proceso energético en el que interviene el poder social de toma de decisiones acerca del funcionamiento de una tecnología. La tecnología es simple y las herramientas, sencillas (coa, machete, azadón, arado de yunta, trapiche, alambique, fogón de comal y otros utensillos). El estilo de vida es sencillo, basado en recursos que fluyen cíclicamente, relacionados con la fertilidad de los bosques. La casa es el sumidero de la mayor parte de la energía que procesa el sistema. Un conjunto de reguladores son las instituciones comunitarias (la Agencia Municipal, el Comisariado de Bienes Comunales y el templo) que operan a través del sistema de cargos. Hay un par de instituciones, la escuela y el Centro de Salud, que están a cargo del gobierno superior; otras son mixtas, como la Iglesia Católica, en donde el cura párroco se sostiene con recursos desde el exterior y la vida ceremonial de la parroquia opera a partir del sistema de cargos. Las nuevas denominaciones cristianas que aparecieron en la Sierra forman comunidades sostenibles con recursos propios y con alguna que otra ayuda desde el exterior.

En este contexto podemos observar la incidencia de flujos energéticos nuevos, que representan los caminos de autotransporte, la red de electricidad, la medicina de patente, los monocultivos comerciales, entre los más importantes, de los que hablaré más adelante. De acuerdo con la hipótesis central de la energética social de Adams las estructuras sociales emergen, desaparecen o se transforman y adaptan en estrecha relación con la disponibilidad de energía.

Una cooperativa de autotransporte funcionaba en la parte oriental del Rincón durante casi 20 años. Surgió con recursos propios de los pueblos de la región, si exceptuamos el apoyo logístico de un cura párroco de San Juan Yaeé, el padre Joaquín Azcona svd, y más tarde de líderes regionales, entre ellos los maestros de la escuela primaria de Tanetze. La cooperativa se formó a principios de los años 80, sobrevivió las severas crisis de financiamiento, escasez de equipo, graves accidentes viales y llegó a operar con normalidad en la década de los 90. Con tres o cuatro camiones medianos la cooperativa cubría diariamente la ruta de Yaeé a Oaxaca, donde utilizaba un patio particular mientras se gestionaba el permiso legal de operar en la central camionera. En los últimos años de la década de los 90 los transportistas agremiados de Oaxaca le declararon a la cooperativa "Pueblos Unidos del Rincón" la guerra sin cuartel. Los caminos de la Sierra mejoraron mucho en el transcurso de los últimos años y las compañías de transporte de pasajeros de Oaxaca divisaron posibilidades de expansión hacia la cordillera y no dudaron en eliminar a un competidor incómodo. La administración de la cooperativa fue acusada de malos manejos y malversación de fondos, todo lo cual —por otra parte— no debió ser difícil de demostrar, dada la precaria vigilancia por parte de la Asamblea de los Pueblos y de la mesa directiva formada para tal propósito. Como resultado, los socios cooperativistas de los nueve pueblos quedaron divididos en sus opiniones. En el año 2001 la cooperativa dejó de funcionar. El Consejo de Administración la defendió por todos los medios a su alcance, pero no logró convencer a todos los cooperativistas ni a las autoridades correspondientes en Oaxaca. De nada sirvieron plantones, cierres de caminos y protestas que llegaron en el 2003 hasta la Cámara de Diputados del Congreso Federal. Se dice que mucho contribuyeron al fracaso los "representantes populares", esto es, los diputados regionales en el Congreso estatal. A los dueños de transporte concesionado no les costó mucho convencer a la clase política local de que una cooperativa de transporte representa un peligro para la paz y el progreso, según el criterio de que "la paz es el derecho al trabajo ajeno". Se perdieron puestos de trabajo, el equipo, el capital invertido y un servicio al precio competitivo de transporte regional.

Algo parecido sucedió con un beneficio de café, una instalación industrial ubicada en las afueras de Tanetze, que ahora está en la ruina. La idea original era promover una marca de café regional de buena calidad, prescindiendo de los múltiples intermediarios que pululan en la zona. Fueron precisamente estos intermediarios los que maniobraron para provocar la quiebra de la cooperativa cafetalera. El boicot de los "coyotes" fue suficiente para echar abajo la iniciativa. El

esfuerzo de sostener la calidad constante de una marca exige implementar muchos controles a lo largo de la cadena productiva. No es un asunto que se pueda solucionar con los recursos locales. Pocos son los países productores de café de América Latina los que pueden sostener estos controles.

Una productora de tabiques de adobe y cemento, instalada en La Reforma con ayuda de los especialistas de la UNAM como un proyecto piloto, corrió la misma suerte de los proyectos comunitarios a pequeña escala. Fueron auspiciados desde el exterior por los "extensionistas", pero no pudieron sostenerse con los insumos locales.

El cooperativismo, una manera de organizar el trabajo, parece encajar bien en la cultura zapoteca en cuanto a su potencial de organización, pero eso no es suficiente, también debe de tomarse en cuenta el costo energético y humano que exige. La regulación y los múltiples controles que supone una cooperativa crecen de acuerdo con su tamaño y ponen en riesgo su viabilidad en la medida en que la cantidad de personal involucrado en el proceso rebasa las posibilidades humanas de comunicación a escala comunitaria.²⁸ Un problema de este tipo (la imposibilidad de implementar controles eficaces) afectó los esfuerzos locales de organizar la colaboración intercomunitaria.

Los controles que ejerce el hombre sobre los flujos energéticos son parte de las relaciones sociales y como tales siguen las reglas de estructuración mental *simultáneamente* a las leyes de energía (Adams 1975: 127). La toma de decisiones respecto al manejo de mano de obra se ejerce por medios institucionales (parentesco, organización social y política, religión, mercado, sistema educativo, jurídico y otros); todo esto depende de las posibilidades de cada sociedad en concreto. Los controles consisten en esta inextricable red de reciprocidades, colaboraciones y competencias, que se manifiestan en el nivel social. A continuación resumiré las formas de organizar el trabajo en las comunidades de la Sierra, que se dan en una especie de espectro de comportamientos, el cual puede resumirse bajo el denominador común de *guzún*, que significa "ayuda", "apoyo", "colaboración", ("gozona" o "guelaguetza" en el zapoteco del valle). Los diferentes patrones por medio de los cuales se ordenan las tareas, son los siguientes:

²⁸ En relación con esto un líder cooperativista me comentó que nunca entraría en una cooperativa "conformada por analfabetos"; según él, las personas que no saben hacer los cálculos con lápiz y papel y manejar facturas no son capaces de integrar una empresa financiera, como lo es la cooperativa.

- 1) *Gasaquiá gsaquíú*. Significa literalmente "mitad para mí, mitad para ti"; se comparte el trabajo, las ganancias y las pérdidas por partes iguales.
- 2) *Guzún*. Quiere decir "ayuda", equivalente de "mano vuelta" en otras sociedades campesinas del país. La ayuda es formalmente gratuita, pero debe retribuirse tarde o temprano con el mismo servicio u otro parecido. La obligación la heredan los hijos.
- 3) *Laguetza*. "Regalo" o favor que no es necesario devolver de inmediato, pero que implica para quien lo recibe "caer bajo la sombra de agradecimiento".
- 4) *Tequio* o trabajo comunal. Un día de trabajo a la semana que deben a la comunidad todos los ciudadanos, miembros plenos de la misma (todos los hombres mayores de 18 años y las muchachas madres solteras sin importar la edad). El tequio se planea por parte de las autoridades y se ejecuta bajo la dirección del síndico en turno. El trabajo se emplea en tareas comunitarias o intercomunitarias, tales como la limpieza de los caminos, el mantenimiento de los edificios públicos, el cultivo de la milpa escolar y otros. Las mujeres suelen organizarse para la limpieza del templo y adorno de los altares.
- 5) *Salario*, que se paga preferentemente a destajo, pero también por jornada. Las distintas ocupaciones tienen diferente retribución salarial. Una jornada en la zafra equivale a un panicle de panela; el arriero gana tres salarios mínimos por día, el maestro albañil cuatro, el mozo que se emplea en el cafetal recibe la mitad del salario mínimo más comida; las mujeres que se emplean en la cafecultura tienen que contentarse con salarios un poco menores.
- 6) Administración colectiva de *bienes comunales*. En este rubro entran las tierras de propiedad comunal, las cajas de ahorro, las cooperativas y asociaciones de productores. La regla general es elegir autoridades rotativas (presidente, secretario, tesorero) y un comité de vigilancia.

Estas reglas de trabajo mancomunado se solapan con las del parentesco, la religión, la política y otras más, como las del género (por ejemplo, la posición de las

mujeres en el mercado de trabajo es muy diferente que la de los hombres). Solamente el estudio de casos concretos permite entender como funcionan en la práctica en cada lugar. Es una superposición de diferentes *triggers*, la que hace distinta una sociedad de la otra. Incluso en el nivel regional, entre las comunidades estructuralmente parecidas, se dan diferencias notables. Por ejemplo, en la mayoría de los pueblos del Rincón están presentes uno o varios grupos de conversos de las distintas denominaciones cristianas (los “evangélicos”). Los integrantes de estas comunidades se niegan a participar en las tareas relacionadas con el templo católico. Este asunto suele ser una fuente de tensiones al interior de las comunidades, que de vez en cuando desencadena conflictos violentos y ajustes de cuentas muy desagradables para los implicados. Esta problemática se vive como un resquebrajamiento de la comunidad misma, como una herida en el mero corazón de la cultura indígena. El conflicto parece amenazar el principio básico de la convivencia y quebrantar el de la reciprocidad. Al menos así parece desde la perspectiva de la tradición comunitaria: al Santo Patrono hay que atenderlo, si no, las consecuencias pueden ser nefastas.²⁹

La conclusión general a la que se puede llegar a partir del análisis del *ritual del trabajo* es que la regla predominante en las comunidades zapotecas del Rincón es la “reciprocidad equilibrada” (Sahlins 1977). Esta es la matriz de la organización social de la comunidad campesina, una regla básica de autoorganización. La reciprocidad se practica como un “principio organizador” (un *trigger*, en términos energéticos) en el nivel de la familia, el linaje y la comunidad. Los procesos por medio de los cuales se organizan los grupos de trabajo (los procesos de identificación, coordinación y centralización) se alimentan de flujos energéticos asegurados por la reciprocidad en los intercambios con la naturaleza y al interior de la sociedad y representan la fuente de energía auxiliar o compensatoria. El resultado, en el caso que nos ocupa, no llega más allá de la comunidad como el mecanismo social más elaborado en el nivel local. Algunos procesos de identificación y coordinación desbordan el nivel comunitario, pero no llegan a cristalizar en una institución centralizada, como se verá en el siguiente apartado. Este también fue el caso de las cooperativas de autotransporte y de beneficio del café mencionadas más arriba. Hay un cierto número de personas el cual permite una comunicación con base en la confianza, digamos *a grosso modo*, 500 como un

²⁹ También hay comunidades en las que más de la mitad de los habitantes pertenece a una denominación cristiana evangélica, en las que se puede apreciar un cierto bienestar nuevo: casas mejor construidas, convivencia sin recurso al alcohol, y otros beneficios del “espíritu protestante” de trabaja-ahorra-invierte.

umbral. Más allá de este número los controles sociales comunitarios no funcionan y tienen que implementarse otros.

Para las comunidades de la región la introducción de caminos y la subsecuente comunicación con el exterior fue un desbarajuste energético. ¿En qué sentido quedó afectado el trabajo agrícola por el reacomodo de los flujos energéticos después de la llegada de autotransporte y de otras novedades modernas (el monocultivo de café, la electricidad, la medicina de patente)? Es sintomático que el tequio y el guzún, que son las formas de reciprocidad o mecanismos de regulación más característicos de la vida de las comunidades en la Sierra, se están subordinando a la lógica de los salarios. Se considera que una jornada de tequio equivale a dos salarios mínimos y el ciudadano que no pueda cumplir con la obligación debe pagar un mozo que lo sustituya. A las madres solteras se las trata como unidad doméstica autónoma y se les cobra el tequio con la misma cuota; en algunos pueblos tienen que pagar el alumbrado público u otras contribuciones. Las familias migrantes, si quieren conservar derechos de propiedad en el pueblo, deben cumplir con varias obligaciones monetarias a lo largo del año. Hay otros efectos sobre la organización del trabajo y para comprenderlos se necesitan más datos, de modo que retomaré la pregunta después de proporcionarlos.

7.4 El intercambio económico en el "sistema solar" de mercado

Las plazas de mercadeo a cielo abierto o *tianguis*, según la voz nahuatl, son una institución mesoamericana todavía presente en el área de su influencia cultural, aunque sea como un vestigio. Por su colorido, riqueza y gran vitalidad, la plaza de Tenochtitlan, llamó poderosamente la atención de los conquistadores, apenas llegaron a la ciudad en 1521. Hernán Cortés la menciona en las *Cartas de relación* como una de las maravillas de la Nueva España. En el Museo de Antropología de la ciudad de México la plaza mercado de Tenochtitlan tiene una maqueta en la sala central. La reconstrucción del gran tianguis atrapa la atención de propios y extraños. Los mercados sobre ruedas en las plazas de las ciudades, el comercio ambulante de las grandes metrópolis y las ferias regionales que se instalan periódicamente en lugares estratégicos de la geografía nacional son formas desarrolladas a partir de aquella estructura precapitalista de intercambio que era el tianguis en la plaza central.

El mercado de Oaxaca atrajo la atención de los estudiosos de antropología económica (Waterbury 1968, Beals 1975, Berg 1974, Diskin 1990, entre otros), tal

vez porque el fundador de esta rama de antropología estuvo ahí primero. Me refiero al último trabajo de campo realizado por Bronislaw Malinowski, durante el verano de 1941, precisamente en el mercado de Oaxaca.³⁰ Malinowski, después de establecerse en la Universidad de Yale, dirigió su atención hacia el sistema de mercados en el sur de México porque sintió que este aspecto de su “antropología social”, como él mismo llamó su cátedra, prometía mayores rendimientos. ¿Encontraría algún circuito al estilo *kula* también en Oaxaca?

El mercado que conoció Malinowski existe todavía. Es una gran plaza techada, ubicada en el centro de la ciudad de Oaxaca a una cuadra del Zócalo. El tumulto de vendedores y compradores, la concentración de colores y olores, la abundancia de mercancías y su variedad, dispuestas en cientos de pequeños puestos que vieron Malinowski y de la Fuente en los años 40, daban la imagen de “un escenario de intensa actividad, en el cual privaba, no obstante, el orden” (1957: 13). En tiempos de Malinowski y de la Fuente la plaza se ampliaba en ocasiones a las calles circundantes y llenaba varias cuadras. Hoy cabe en una manzana bajo techo; contiene una parte de venta de comestibles, que frecuentan los lugareños, y la otra, de venta de artesanías, que sólo visitan los turistas. Hay más plazas parecidas en Oaxaca, grandes y chicas, en diferentes lugares de la ciudad, que compiten con éxito, al parecer, con los supermercados, que se instalaron recientemente en dos o tres lugares de la ciudad.

La plaza que vio Malinowski fungía como un mercado central de abasto, del cual dependían las demás plazas de menor tamaño. El mercadeo en la plaza, en palabras del autor era “lento, pero intenso; premeditado y ordenado” (1957: 24). Llamó la atención de Malinowski el orden, un orden que no era visible a simple vista. Todo funcionaba según una serie de reglas no escritas que los participantes parecían conocer y acatar. El antropólogo debería averiguarlas. Pero antes que nada, debería tener una idea teórica.

¿Cuál sería la naturaleza de ese orden? ¿Sería un orden “natural” o, por el contrario, una especie de orden “supranatural”, digamos, económico, social, cultural, ritual, simbólico, el que sea? Los antiguos mexicanos estaban convencidos de que era un orden poco menos que divino; sus ciudades y sus plazas estaban trazadas de acuerdo con los modelos copiados directamente de la bóveda celeste. Malinowski diría que era un orden *cuasi* biológico, de tipo funcional. El fundador de la

³⁰ La investigación fue realizada con ayuda de Julio de la Fuente, antropólogo mexicano quien iniciaba su carrera de investigador. Los resultados se publicaron 15 años después, en forma de traducción al español del manuscrito inglés inédito, hecha por un grupo de alumnos de la ENAH (véase Malinowski y de la Fuente 1957).

antropología social funcionalista concebía la cultura como un todo integrado a manera de un organismo. Su metáfora organicista fue duramente criticada desde el principio, pero no hay duda de que dio buenos resultados a la hora del trabajo de campo. Ahora bien, si el organismo se entiende como un caso particular de sistema disipativo y éste último como una metáfora científica, entonces no hay peligro de caer en excesos del "organicismo". Malinowski, y con él los funcionalistas, enfocaron toda su atención hacia el orden social, creyendo que "si hay orden en una parte del Universo, debe haberlo en todas". Esta es una exageración que la ciencia de la complejidad está empeñada en evitar. La fuente del orden está, paradójicamente, en el caos. Los sistemas reales no están del todo ordenados ni del todo desordenados y, sin embargo, pueden funcionar durante mucho tiempo.³¹

La hipótesis que me propongo a desarrollar aquí es que el "sistema solar" de mercados plaza, definido así por Malinowski, fungía como un sistema de regulación en el nivel regional. Su similar en la teoría antropológica podría ser el circuito comercial *kula* descubierto por el propio Malinowski, o el ritual *kaiko* de Rappaport, en lo que ambos tienen en común. Estas metáforas pueden servir como un modelo si se las traduce al lenguaje sistémico. Lo que tenemos en la Sierra es un tipo de mercado como mecanismo de regulación supracomunitario (en el nivel de articulación regional), que paso a describir a continuación.

El sistema solar de mercados consiste en un conjunto de plazas que operan de manera sincronizada; esto es, "giran" alrededor de un centro de gravedad común. Hay una plaza en la gran ciudad, la que se abre todos los días, y hay plazas periféricas en las ciudades circundantes, las que se abren un día a la semana. Otras operan todavía más lejos, en los pueblos. La metáfora del sol, los planetas y sus satélites es sólo una metáfora con licencia poética. En ella "la fuerza de gravedad" no se refiere al mercado principal, sino a un centro de gravedad común, que es en este caso la dependencia estructural entre los precios. Malinowski y de la Fuente descubrieron en seguida en que consistía esta dependencia: era el precio de maíz. El precio de maíz, del grano puesto en la plaza, funcionaba, en palabras de los autores, como "un determinante de los precios de las demás mercancías". El precio de maíz fluctuaba en cuestión de horas. Sus oscilaciones mayores se daban de acuerdo con las estaciones y las demás circunstancias que acompañan normalmente a la producción, distribución y consumo (que es como Malinowski define la economía). Malinowski quedó tan impresionado con la práctica de regateo en la plaza, que

³¹ El sistema capitalista es un buen ejemplo. La entidades energéticas complejas pueden funcionar en el nivel de coordinación, a través de controles difusos, y sin eliminar del todo el componente caótico.

postuló la existencia de una "libido comercial" zapoteca, como la posible explicación, desde luego en broma, supongo. Hay una explicación algo más sencilla, que no recurre a la analogía psicologicista.

El maíz fue, como sigue siéndolo, un elemento básico en la dieta de la población. Un gran volumen de transacciones de bajo costo se efectuaba regularmente entre una gran cantidad de unidades económicas pequeñas, que eran productoras y consumidoras a la vez.³² Estas operativas no tenían ninguna ventaja diferencial en cuanto al capital, la información, el medio de transporte, el almacenamiento, el poder político, los privilegios de clase social u otras prerrogativas. Podría decirse que era un mercado libre, si exceptuamos algunos monopolios mayores que lo acotaban.³³

En los términos de la energética, la principal característica de la economía tradicional consiste en un determinado nivel de "paridad de insumo" (Wionczek 1983). En el caso que nos ocupa a lo largo de la cadena de producción, intercambio y consumo se emplea como detonador un mismo tipo de energía, que es el trabajo vivo. El término *paridad de insumo* se refiere a que la energía que interviene en el proceso económico como *trigger* es de la misma calidad en todos los casos. En el agroecosistema tradicional todo lo que el campesino produce, también lo transporta y consume por sus propios medios, empleando sólo las calorías que produce su propio cuerpo y el de los animales que lo ayudan. En condiciones de equivalencia de insumo todo el mundo participa en el mismo juego, sin ninguna ventaja adicional.³⁴ Una característica de este sistema de intercambio es el manejo de información igualitario, que permite la toma de decisiones a través del mercado plaza. Lo explicaré a continuación.

En las condiciones de paridad de insumo y de relativo aislamiento o, como dicen los teóricos de la autoorganización, en condiciones de "clausura operativa" (autonomía, si se quiere) un sistema complejo llega a operar en un estado "cuasi

³² Los vendedores de producción propia se llamaban el *propio* y el *regatón*; los revendedores en pequeña escala, el *viajero* y el *ambulante*. El *acaparador* o *coyote* y el *comerciante* eran los mayoristas. También se los llama *atajadores*. Estos nombres todavía se usan en la Sierra.

³³ En tiempos de la Colonia la comercialización de la plata, la cochinilla, el hierro, la seda y el vino fueron productos vedados a la libre competencia. En tiempos más recientes el ferrocarril y ciertos negocios que manejaban el Estado y los dueños del dinero como monopolios también distorsionaban el sistema económico local. En un cierto sentido la producción y comercialización del *dinero* también es un monopolio. El dinero tiene una doble función, la del medio de intercambio y la de la mercancía o medio de acumulación (Palerm 1980). Es algo que no debe olvidarse. En la descripción de Malinowski y de la Fuente no aparecen la banca, el capital ni las restricciones normativas del gobierno. Esta omisión, dicho sea de paso, es típica de la literatura de la antropología económica desde los inicios de la disciplina.

³⁴ El "modo de producción tributario", mediante el cual se sostenían los grandes centros civilizatorios de Mesoamérica precolombina, distorsionaba esa igualdad de insumos con el manejo de un flujo energético dispar, el de la mano de obra en grandes cantidades como tributo en las obras públicas.

estacionario fluctuante". Este es una expresión de Marshall Sahlins (1977), que el autor aplica a los cazadores recolectores de la Edad de Piedra. Puede decirse lo mismo de las sociedades campesinas corporadas (Wolf 1972), en la medida en que también operan en circunstancias de paridad de insumo.

Un sistema energético se consolida estableciendo sus propias fronteras. Dependiendo de la cantidad de energía que procesa, el sistema elabora algún tipo de regulación, ya sea difusa ya sea centralizada, de acuerdo con la expansión o contracción de sus fronteras energéticas. No se necesita postular una unidad central para la función regulatoria o de toma de decisiones. Los ejemplos de esto abundan: la autocatálisis de una reacción química, la homeostasis de un organismo o el clímax de un ecosistema. ¿Quién manda en la selva? ¿A quién obedece el sistema nervioso central? ¿Cómo se regula el clima? ¿Quién controla los precios en el mercado? Nadie en especial, los anteriores son los ejemplos de autoorganización a través de controles ubicuos en un sistema de comportamiento estocástico. El ritual *kaiko*, el comercio *kula* y otros mecanismos documentados por la antropología son ejemplos de reguladores difusos en sistemas sociales acéfalos.

El sistema de mercados plaza, los que operan en la región desde los tiempos inmemoriales, es en este sentido un sistema autorregulador. La teoría ayuda a enfocar ciertas cuestiones con precisión. Todo flujo energético transporta información. Esto es especialmente visible en el caso del mercado que nos ocupa. En él el intercambio económico "no sólo hace algo, también dice algo" (Leach 1978: 9). Basta con dar una vuelta por la plaza el día de mercado para informarse sobre el estado de las cosas en general: los precios son un indicador del estado del sistema. En especial, en el caso que nos ocupa, el precio de maíz es un indicador infalible del estado general del ecosistema como un todo.

Veamos esto cómo se dio en la zona de estudio. El primer camino de autotransporte llegó a Talea de Castro en la década de los sesentas, pero el mercado en su forma tradicional, que utilizaba veredas y bestias de carga, operaba todavía una década más. He podido hablar con gente grande sobre cómo era el mercado antes de la llegada de los caminos. Con esta información (para otros detalles véase Tyrntania 1992: 299-328) puedo reconstruir a grandes rasgos las características del intercambio en la Sierra antes de que se desbaratara la mencionada paridad de insumo.

Es sabido que el mercado plaza operaba en la región mucho antes de la llegada de los españoles. Consta en los expedientes del Archivo de Indias en Sevilla, que el primer encomendero (que para el caso también fue el último) avecindado en

Yagavila, el corregidor Federico López Tenorio, "ahorcaba caciques en el pueblo el día de mercado" (Chance 1989: 43). El día del mercado se celebraba con alguna periodicidad, tal vez semanalmente, con la concurrencia de los propios del lugar, comerciantes viajeros y los vecinos de las comunidades adyacentes.

La idea del mercado como regulador permite describir el funcionamiento del sistema. Dada la naturaleza fluctuante de las cosechas no se puede esperar que ninguna comunidad sostuviera la producción constante. Sin embargo, debido a la diversidad de microhábitats y de prácticas agrícolas que podemos observar en el Rincón, la producción se puede nivelar a través de mecanismos de regulación que son redistributivos. En Santa Cruz Yagavila pueden distinguirse seis diferentes microhábitats³⁵, más de veinte variedades de maíz, cinco tipos de siembra y prácticas agrícolas que van desde la roza y quema hasta el barbecho corto, pasando por el barbecho "productivo", como lo es la horticultura y la cafecultura. Así también en otras comunidades encontramos una variedad de microhábitats y de prácticas agrícolas. Dadas las pronunciadas diferencias locales en climas, suelos y formaciones bióticas, se dan en la región especializaciones en los cultivos al interior de las comunidades. El sistema de plazas, al propiciar un intercambio regional entre comunidades y un intercambio interregional entre los ecosistemas adyacentes, ha confrontado e institucionalizado estas diferencias como un mecanismo de naturaleza estocástica. Digo estocástica, porque en primer término el volumen de la producción local es un asunto eminentemente aleatorio. En el segundo lugar, la producción regional tiende a nivelar las diferencias a través del mercado. El mercado se encarga de poner en contacto los factores de producción en el nivel regional y entre las regiones, como se verá a continuación.

La región de los *bēni xidza* colinda al norte con Los Bajos (de clima húmedo y caliente) y al sur, mediando la cumbre, con la región de Cajonos (el sotavento seco y frío). A los dos lados tiene por vecinas las regiones de clima templado, con bosques de pino y milpas de temporal. Las rutas comerciales del mercado tradicional atravesaban estas regiones de sur a norte, de este al oeste y las comunicaban entre sí y con la gran plaza de Oaxaca.

³⁵ Estos microhábitats de diferentes superficies, son los siguientes: (1) la tierra caliente del otro lado del río, (2) el río y sus orillas, (3) la tierra caliente debajo del pueblo, (3) la tierra templada en el nivel del pueblo, (4) la meseta y sus lomeríos, (5) la tierra fría o monte propiamente dicho y (6) el bosque maderero. Este último lugar, una superficie considerable de 848.40 hectáreas, estuvo en disputa con las autoridades municipales de Ixtlán de Juárez desde el año 1964. El lugar está acreditado en el título primordial de 1709. Después de un largo pleito judicial la Asamblea del Pueblo decidió cederlo, para poder finalmente tramitar el título de propiedad en 1995.

La especialidad de Los Bajos fue algodón para confeccionar ropa (crudo, hilado y en manta), barro cocido, carne de res (tasajo), ganado en pie, pescado seco del mar, sal con yodo (importante para suplir las deficiencias de la dieta en la montaña), cal (sin la cual no se podría hacer el nixtamal), petates de palma, sombreros, canastas, variedades de chile, cacao y frutas tropicales. Caravanas de bestias de carga, conducidas por comerciantes arrieros desde Los Bajos de Tuxtepec, se internaban semanalmente en el territorio del Rincón. Las plazas se ponían en Tiltepec, Yagila, Yagavila, Yaeé, Tanetze y Talea. Los mercados hasta hoy día concurridos son el de Yaeé, los sábados, y el de Talea, los domingos y la plaza de Yagila que funciona con altibajos también los fines de semana. Las mercancías se transportaban a lo largo del Camino Real, que en su tiempo la Corona aseguraba contra robos y asaltos cobrando el impuesto correspondiente. Las comunidades se comprometían a mantenerlo limpio y despejado, tarea que se realizaba mediante el tequio intercomunitario. Esta vereda se sigue utilizando hasta hoy día. Una ventaja para Yagavila fue la ubicación en un cruce de caminos. De ahí el camino lleva “al otro lado” del valle del Rincón. Desde Yagavila se necesitan dos horas a pie para llegar a la plaza de Yaeé, tres a la de Tanetze y cuatro a la de Talea. Con una buena condición física (que es la única con la que se puede vivir en la Sierra) es posible ir a cualquiera de estas plazas y regresar el mismo día. No se camina de noche debido a la actividad de los naguales, excepción que se aplica a las verdaderas urgencias.

Para obtener los productos del exterior, las unidades domésticas de cada comunidad rinconera tenían que ingeniárselas para producir algún excedente valorado en el mercado plaza. En el marco de la especialización regional la comunidad de Santa Cruz Yagavila tenía fama de producir buena panela. La panela es azúcar no refinada, producida artesanalmente. Se vende en “cabezas” y en “pancles” de ocho cabezas, medidas precisas que servían frecuentemente como medidas de intercambio en los trueques, cosa que todavía ocurre en la esfera familiar y comunitaria. Yagavila producía también maíz del monte y frijolón, productos muy apreciados en las comunidades de la región. Se vendía además ocote para lumbre, hilados y bordados, fajas para faldas, pieles de animales y piezas de caza (venado, jabalí, leoncillo, tigre, ocelote, cacomixtle, tepescuintle), fruta y verdura de los huertos familiares (cebollín, plátano, aguacate, mamey, cítricos), camote, harina de yuca, pescado del río, cestos de carrizo, trampas para pescar del mismo material, utensilios de madera para la cocina y fibra de corteza de *yagaduguidi* (*Ceiba* sp.) para usos diversos en transporte y construcción. En esta línea de búsqueda de la especialización, más recientemente, en los años setentas, en los

que se inicia el *boom* cafetalero, se instaló en el pueblo un taller de sombreros de lana, una "fábrica" embotelladora de aguas frescas y dos alambiques para destilar el *chingre* (alcohol de caña de azúcar). El grano de café poco a poco comenzó a sustituir el maíz como medida de intercambio y como medio de ahorro.

La comunidad de Santa Cruz Yagavila estaba ubicada en medio dos o tres rutas comerciales. Además de la de Los Bajos descrita arriba, la otra venía de Ixtepeji, Analco y Atepec, que son pueblos distantes, ubicados en la parte oriental de la Sierra Juárez. Los comerciantes de esta ruta estaban interesados en la panela y el café. Si la comunidad los atendía bien, proporcionando la pastura para las bestias y alojamiento para los mozos, quedaban montando la plaza. Los comerciantes de Santa Catarina Ixtepeji traían pan, lozas de barro policromado, verduras (cebolla, jitomate, papa, chile) y también ganado en pie. La carne no podía faltar los días de fiesta. A lo largo del año había en total 47 fiestas religiosas del calendario ritual de los nueve pueblos que pertenecían a la parroquia de Santa Cruz Yagavila. Lo menciono porque el día de plaza se ponía especialmente interesante durante la fiesta.³⁶ La fiesta sigue siendo la posibilidad de contacto entre las comunidades, el cual, sin embargo, disminuyó drásticamente después de la introducción de caminos de autotransporte. Paradójicamente este fue el punto de inflexión, como se verá más adelante, porque los nuevos caminos conducen todos a Oaxaca y no comunican los poblados de la región.

Otra caravana de comerciantes provenía de San Juan Evangelista Analco. La misma traía cerámica (ollas y cazuelas), tejas de barro por encargo y carbón vegetal. Así fue como se cambiaban los techos de palma por techos de teja, mucho más resistentes a las lluvias torrenciales que abundan en la Sierra durante la mitad del año. Esta ruta abastecía también de herramientas de metal (machetes, puntas de coa, apareos de yunta, cascos de hierro y cacerolas), mercancías que provenían de Oaxaca y del más allá del "sistema solar".

Todo esto de ida, porque de vuelta, desde la otra orilla del río Juquila y Cajonos, venían las mismas caravanas con artículos complementarios muy importantes. La zona de Solaga, Zoogocho y Yalalag es una región árida, en donde prosperan agaves y cactáceas. De un tipo de maguey se obtiene la fibra o ixtle para la fabricación de reatas, mecates, redes, bolsas, morales, diversas vestimentas y guaraches. Otro producto del agave muy apreciado era (y sigue siéndolo) el mezcal,

³⁶ Hasta el año de 1947 Yagavila tuvo párroco residente. Un cura itinerante volvió a atender esporádicamente la zona a partir de 1976; el párroco de planta se estableció otra vez en 1979. La cantidad de festejos se redujo junto con las plazas que las animaban.

un alcohol de mediana denominación (entre 30 y 40°). La fama del mezcal de Cajonos, añejado en cántaros de barro, trascendía los límites de la Sierra. Los comerciantes de esta ruta llevaban los productos de ixtle hasta Los Bajos, donde los canjeaban por productos de algodón. También comerciaban con cobijas de lana, suéteres y sombreros de fieltro.

A lo largo de todas estas rutas del intercambio circulaba el maíz. Si la demanda puede suponerse constante y creciente en el nivel de la región, la oferta dependía de las condiciones ecológicas cambiantes y aleatorias de cada lugar. El mercado regional de plazas equilibraba la oferta con la demanda corrigiendo los fallos locales. El punto es que en condiciones de paridad de insumo el mercado no crea distorsiones.

En ningún pueblo faltaban hombres que se lanzaban por su cuenta a comerciar directamente en la plaza de la gran ciudad. Llevaban a Oaxaca café oro (grano seco desprovisto de la cutícula de pergamino), panela y artesanías. Regresaban con ropa, cerrillos, pan, chorizo, medicinas, escopetas, municiones, herraduras y otros productos de primera necesidad. Desde Yagavila se necesitaban tres días de camino a pie a Oaxaca, vía Tepanzacoalco, Ixtlán, Gelatao. Un hombre llevaba a cuestas entre dos y cuatro arrobas de mercancía, amarradas con el mecapal de ixtle a la usanza de los *tamemes*, transportistas de la época prehispánica.

A juzgar por la cantidad de imágenes religiosas que se conservan en los altares domésticos de las casas del pueblo había peregrinaciones. Si bien esporádicas e individuales, se hacían como una especie de turismo sagrado con fines curativos, hacia el Santuario de Otatitlán en Los Bajos y hacia los santuarios de Oaxaca.

Como se puede ver, la región la atravesaban de norte a sur y de este a oeste distintos flujos de mercancías y servicios. Es importante advertir que en circunstancias normales los intercambios comerciales entre los miembros de la misma comunidad y entre las comunidades vecinas estaban fuertemente inhibidas. Podrían darse, pero entre gente "de confianza", esto es, entre los parientes y los compadres. Las reglas de estos intercambios obedecen el esquema que propone Sahlins (1977), el de la *reciprocidad generalizada*. Es un intercambio intenso en el círculo familiar, que disminuye en la medida en que deja la circunscripción de la comunidad y se torna negativo fuera de la región. La reciprocidad está equilibrada en la comunidad y permea todas las estructuras sociales, la economía, la política y la religión, a tal punto que los vuelve indistinguibles. Se aplica el mismo esquema mental de reciprocidad a los intercambios deportivos entre las comunidades que a las relaciones con el Santo Patrono del pueblo.

¿Cuál podría ser la razón por la que la gente no comerciaba sino en la plaza? La importancia del mercado radica en la formación de los precios. Es a través de los precios como el mercado plaza cumple la función de un procesador de información, siempre y cuando se da la condición de paridad de insumo. Esta función facilita, a su vez, la toma de decisiones respecto a la producción. El intercambio en la esfera familiar y comunitaria se calcula de otra manera, esto es, con criterios de una retribución precisa, por el mismo bien o servicio, aunque diferida en el tiempo, de modo que la información no sale del círculo familiar y comunitario. No así en el mercado. Barabas y Bartolomé (1999: 30) recogen una anécdota que ilustra bien lo que quiero decir. Camino al mercado, en algún pueblo del interior, un anciano con mercancía fue interceptado por quienes le proponían comprar toda la carga. El anciano respondió que no la vendería, porque no tendría nada que hacer el resto del día. Y explicó: si vendía de golpe toda su mercancía quedaría marginado de las noticias y relaciones sociales que, junto con las mercancías, circulan en la plaza.

Los tianguis en el pasado se sucedían con regularidad a lo largo y ancho de toda la comarca. Esto permitía una comunicación bastante fluida al interior del sistema. Las mercancías, las noticias y los precios viajaban con puntualidad. En este contexto no sorprende que el zapoteco del Rincón, la de los *bëni raguishi*, sea una lengua que coincide con los límites del mercado tradicional. La tesis es que las lenguas que no están en contacto permanente se vuelven ininteligibles.

Un ejemplo ayuda a entender esta función comunicadora del mercado. La cantidad de maíz, un alimento esencial en la dieta, que producía una determinada comunidad podía predecirse con cierta anticipación observando la plaza. En Yagavila, por ejemplo, se siembra seis tipos de milpa, dependiendo de la altitud y de los demás factores³⁷. No todos los productores siembran en todas partes al mismo tiempo. Lo que sí hacen al mismo tiempo es observarse e intercambiar experiencias. Los cultivos de *tonamil* y los de *contratiempo*, citados en la última nota al pie, son cultivos extravagantes, que sólo se dan en determinados lugares, pero son importantes no tanto en cuanto al rendimiento y volumen de la cosecha, sino como indicadores. Son las primeras cosechas del año (de mayo y junio) y debido a su dependencia de la humedad residual permiten predecir el estado del tiempo. Si el maíz de ésta temporada no aparecía en la plaza o se vendía a precios muy altos, en Santa Cruz Yagavila se sembraba yuca (*Manihot succulenta* sp.). La decisión la

³⁷ Estas siembras no tienen terminología equivalente en español: (1) *yula gi'a*, temporal de tierra templada; (2) *yula gui'a*, temporal del monte; (3) *yula yechu*, contratiempo de tierra caliente; (4) *yula ba'ah*, tonamil; (5) *yula aryga*, temporal y (6) *yula guía'h*, temporal. Para el tiempo de siembra y cosecha, rendimiento, tipo de semilla y otros detalles véase Tyrtania 1983.

tomaban los comuneros después de averiguar el comportamiento del precio de maíz. La mala cosecha de *tonamil* y de *contratiempo* presagiaba un mal año para toda la región y esto se podía apreciar en el comportamiento de los precios en el mercado, y se podía corroborar investigando en las milpas sembradas. El caso es que cultivo de yuca promete una cosecha más segura, aún en un año malo o regular para el maíz. La desventaja de cultivar la yuca consiste en que este cultivo exige una mayor inversión en trabajo. En primer lugar, este cultivo requiere un cuidado permanente, ya que los tubérculos resultan irresistibles para los jabalíes (*Pecari tajacu*), un animalito presente en los bosques templados de la región. Durante la noche y en pocos minutos una manada de puerquitos silvestres es capaz de arruinar todo el sembradío. En segundo lugar, de los camotes tiene que elaborarse la harina, lo cual implica un trabajo adicional. La harina se agregaba hasta en un 50% a la masa de nixtamal. A pesar de este trabajo suplementario, el cultivo de yuca en épocas de escasez permitía aprovechar las ventajas de un determinado microhábitat y la coyuntura del mercado. El ejemplo ilustra bien la función redistributiva del sistema de mercados plaza en cuanto a su función primordial de procesador de energía e información. De esta manera el mercado se puede pensar como un *trigger*, que permite manejar los factores de producción en distintas proporciones y ciclos, como en el caso de trabajo humano combinado con factores climáticos.

Si consideramos el "mercado solar" como un sistema abierto, podemos postular que el precio de maíz, que fluctuaba de acuerdo con las condiciones locales de producción, también estabilizaba a contracorriente los demás precios, como si se tratara de un circuito *kula*. No hubo brazaletes ni collares, pero no hay que perder de vista que es lo que los engranajes del *kula* hacían en realidad: movían el intercambio comercial entre las islas. Así también en la Sierra, las fluctuaciones del precio de maíz repercutían en los precios de las demás mercancías. En el Rincón las productivas, las distintas comunidades y las regiones vecinas enteras se comunicaban en la plaza, intercambiando los excedentes de su producción. En este tipo de economía, que opera con una elevada proporción de trabajo en relación al capital, y en condiciones como las descritas, el mecanismo de oferta y demanda equilibra los precios alrededor de un valor real, que refleja el trabajo invertido en la producción y transporte.

El mercado plaza no es el único lugar de intercambio ni el más importante regulador de producción y consumo. Existe también la distribución por parentesco, según la mencionada "reciprocidad generalizada" (Sahlins 1977), y una redistribución en el gasto relacionado con el "fondo ceremonial" y político (Wolf

1981). Estos fondos se constituyen en una especie de reserva para el sistema, de la cual hablaré más adelante. Aquí quiero recapitular la idea del mercado plaza como regulador del ecosistema local. El análisis ecológico, cuyo estudio paradigmático en antropología es el de Roy Rappaport (1968), debe ampliarse, según Richard N. Adams ([1975] 1983: 150-7), de la unidad operativa de investigación local hacia el sistema regional de intercambios energéticos en cuanto éstos transportan materiales e información (véase el Glosario: ecología). La unidad operativa de investigación, que Rappaport define como un conjunto cuyos miembros compartan una adaptación común, arbitrariamente escogido, no es suficiente para advertir la dinámica energética que caracteriza al ecosistema como un todo. (La comunidad escogida por los antropólogos como la unidad de estudio tiene que ver con el hecho de que un investigador solitario no dispone de más medios que su propia "observación participante".)

El sistema de plazas comunicaba las comunidades de la región y los ecosistemas adyacentes. De la región oriental Mixe provenían productos de lana y paja; de la región sureste de Cajonos, productos de ixtle y mezcal; de la región occidental de Atepec, carne de res y barro; del norte, en donde están Los Bajos, productos de algodón; finalmente del sur de Oaxaca, cerámica y herramientas de metal. Todos estos movimientos se aceleraban o desaceleraban de acuerdo con la producción de maíz, frijol, panela y café, que eran productos locales, de los *bēni xidza*. También se movían al ritmo de las fiestas patronales. Para que el mecanismo de oferta y demanda cumpla con su función de procesador de información y sea sensible a las condiciones ecológicas cambiantes de la producción local es indispensable que las operantes tengan alternativas y posibilidades de elección: en la producción, en el acceso a distintos mercados, en la información, en resumidas cuentas, tiene que darse la paridad de insumo a lo largo de todo el proceso económico. Una vez dada esta condición es difícil que surjan los monopolios, porque las perturbaciones se amortiguan y las diferencias se complementan en el lugar mismo de los hechos.

Pero ¿qué pasa cuando en algún punto de la cadena de producción, intercambio y consumo se introduce un flujo adicional de naturaleza energética distinta, por ejemplo, el transporte a partir del combustible fósil? El hecho es que el sistema tradicional de mercados plaza sufrió una transformación profunda a partir de la asimetría de insumo en el transporte y en otros rubros, tales como la electricidad (el molino de nixtamal, el alumbrado), los detergentes, los abonos artificiales, la ropa prefabricada, la comida chatarra, la televisión y demás.

El transporte es una función general de los sistemas basados en flujos de materia, energía e información. El concepto de *vehículo* de supervivencia de Adams resalta precisamente esta función. Nunca debe separarse la información de su vehículo energético material, ni la estructura del proceso. La razón del transporte es la de ofrecer posibilidades de ligar o relacionar acontecimientos energéticos que ocurren en lugares separados, lo cual confiere ventajas selectivas. Así, observa Margalef (1982: 791), los árboles que tienen un extenso sistema de transporte interno duran más que la vegetación herbácea. Si pasamos a otra escala evolutiva, vemos que la movilidad de los animales les permite interactuar entre ellos y explotar áreas distintas. La sociabilidad de los individuos, a su vez, permite afianzar la principal ventaja derivada del transporte, la de poner a trabajar una mayor cantidad de energía y poner en comunicación una mayor cantidad de actores. En general, la ventaja consiste en escapar de los circuitos de regulación locales, los que limitan las poblaciones por debajo de cierto nivel de capacidad de sustentación. Es por eso que el concepto de estado estacionario es tan difícil de aplicar a las sociedades humanas y a las sociedades de sociedades: estas suelen evadir con cierto éxito los límites impuestos por las condiciones locales.

Los nuevos caminos llegaron al Rincón a partir de los años setenta. Desde que se abrió el primer camino a Talea la región quedó bajo una nueva influencia externa y el sistema de mercados plaza fue herido de muerte. Todas las antiguas rutas de comercio poco a poco fueron suprimidas. El sistema de los tianguis funciona todavía en algunos lugares, pero en una forma residual y con altibajos. Un nuevo sistema de mercadeo surgió con el transporte de mercancía al por mayor. En los pueblos se establecieron las tiendas de abarrotes abastecidas por los transportistas, los que a su vez, recogen los productos de la región (café, pimienta, fruta y artesanías). El café y otros productos salen y el "maíz del gobierno" entra a precios subsidiados.³⁸ La nueva economía basada en el combustible fósil ya no comunica las comunidades ni las regiones entre sí: "todos los caminos conducen a Roma". La función redistributiva del antiguo sistema, que asumía las condiciones ecológicas locales, no fue sustituida por ninguna otra institución.

Por medio del autotransporte la "civilización de la máquina", como la llama Karl Polanyi (1975), alteró las fronteras energéticas del sistema e implementó en la tierra de los *bēni raguishi* nuevas reglas del juego. El problema consiste en que el

³⁸ Hasta los años 80 había subsidios gubernamentales a los insumos (semilla, fertilizantes) y al crédito, así como precios de garantía en el agro. El maíz dejó de ser subsidiado por los gobiernos neoliberales a partir de los 90; ahora entra al mercado nacional a precios *dumping*. Para el productor campesino el efecto es el mismo: no vale la pena producir para el mercado.

mercado capitalista tiene sus propios parámetros de eficiencia, que no coinciden con las reglas de eficiencia del agroecosistema local. El argumento es que una economía basada en la paridad de insumo sí tendría las posibilidades de llegar al estado estacionario, pero una vez perturbada con un insumo dispar, *no puede regresar* al estado estacionario anterior. No es posible el regreso a la fase constitutiva, la de autorregulación en el nivel local regional. Hamilton (1977) sugiere que un sistema se estabiliza como “bloque de construcción” cuando se integra en un sistema de nivel más alto. Para que el Rincón sea parte estable de un sistema más amplio hace falta que se cumplan ciertas condiciones energéticas. Debe complementarse en un proceso de coordinación en el nivel local y para que esto ocurra es necesario un insumo energético que lo sustente. Para que este insumo pueda gestarse al interior del sistema los circuitos de intercambio y comunicación deben replegarse sobre sí mismos en el movimiento de “clausura operativa”. Sólo como una unidad operativa, funcionalmente equivalente a otras regiones, puede formar parte de un sistema mayor. Hoy por hoy no hay intercambio ni comunicación entre las comunidades. Las comunidades viven un encapsulamiento económico y político intrascendente. Todos los intentos de organizarse en un nivel supracomunitario, que sí se dan, no cuentan con suficiente base como para formar un movimiento regional de envergadura. Estos esfuerzos están basados en la dinámica del poder delegado, lo cual no es suficiente para organizar la región o la etnia.

Históricamente, el mecanismo de coordinación más elaborado en el nivel regional fue el sistema de mercados plaza. Este sistema no ha creado ningún centro económico ni político que pudiera aglutinar la región como un todo, ni falta le hacía. De todos modos, su evolución fue interrumpida abruptamente con un nuevo flujo que propicia la extracción del excedente. Con el nuevo sistema la región fue fragmentada y sus recursos fueron puestos a disposición del mercado externo. Las fronteras del sistema fueron perturbadas por medio de la introducción de un insumo dispar. Este mismo proceso puede describirse desde el ángulo de la dinámica poblacional, lo cual haré en el siguiente apartado.

Antes de concluir, una observación sobre el rol del dinero. En un sistema como el descrito el dinero fungía como medio de intercambio, pero no de acumulación. Muchas transacciones se daban como trueque y se dan todavía como tales. Por ejemplo, reunir un tercio de leña cuesta un día de trabajo equivalente a una jornada agrícola o unos kilogramos de tortilla. En los intercambios en especie podía mediar el dinero como un mero facilitador de la contabilidad, pero también los tercios de leña, las fanegas de maíz, los pancles de panela y los marrazos de alcohol, todos

ellos alimentos "altamente energéticos", fungían como medios de intercambio paralelos y equivalentes al dinero.³⁹ Las medidas de fanega, pance, marrazo, tercio y arroba todavía se usan en la Sierra, pero los productos a los que se aplican (maíz, panela, alcohol, leña, café, respectivamente) ya no se manejan como base para la formación de los precios. El dinero pasó a ser la única medida de intercambio, el bien escaso por excelencia. Además adquirió una nueva función, la de acumulación y extracción del excedente. Sucede que la circulación que se da con el exterior se da sobre la base de insumos no paritarios. Este fenómeno puede describirse con la fórmula M-D-M de Marx (véase Palerm 1980), pero su dinámica de fondo se explica a partir de la dinámica energética. En términos figurativos, los circuitos de producción e intercambio locales y regionales, descritos como el ritual de trabajo y el sistema solar de mercados plaza, que funcionaban con un insumo energético "parejo", no soportaron la introducción de flujos de alta energía (combustible fósil, electricidad, medicina de patente, agroquímicos, herramientas mecánicas, medios de comunicación masiva). Con la inserción en el "desarrollo" el sistema entró en una fase de oscilación y reajuste. Esto se verá mejor tomando en cuenta las fluctuaciones de la población regional y de la comunidad representativa, mas los cambios en la estructura de los grupos domésticos, los que paso a describir a continuación.

7.5 Morfología de las unidades domésticas

El contenido del cuadro 1 es el vaciado de datos de dos censos genealógicos levantados en 1983 y 2003, respectivamente, los cuales abarcan todas las unidades domésticas residentes en la comunidad elegida para el estudio de caso. Se puede hablar de censos porque la técnica antropológica de levantar genealogías permitió abarcar casi la totalidad de las personas residentes en el pueblo y todas las unidades domésticas a las que pertenecen. En 1983 había 615 personas agrupadas en 161 unidades domésticas, mientras que en 2003 residían en el pueblo 443 personas reunidas en 148. Los datos de una sola comunidad no permiten extraer conclusiones válidas para la región como un todo; sin embargo, las genealogías contienen datos finos y precisos en su nivel, de modo que son representativos y pueden servir para

³⁹ Hubo épocas en las que no se aceptaba en la Sierra el papel moneda. Durante los gobiernos revolucionarios, los cuales imprimían billetes con la efigie del caudillo en turno, sólo se aceptaba la moneda "contante y sonante". En los pueblos circulan historias sobre los fabulosos tesoros escondidos en tierra, en cántaros llenos de monedas de oro y plata casas viejas.

vislumbrar las tendencias en los cambios en la morfología de las unidades domésticas, así como en la población de la comunidad y de la región.

Cuadro 1 Unidades domésticas en Santa Cruz Yagavila en 1983 y 2003

1) Matrimonio todavía sin hijos	3	2%	7	4%
2) Familia nuclear (padres con hijos)	87	54	69	46
3) Familia extensa (más de dos generac.)	15	9	14	9
4) Matrimonio ya sin hijos	17	11	22	15
5) Viudo o viuda con hijos o nietos	17	11	2	1
6) Madre soltera	3	2	21	14
7) Separado o separada	4	}		
8) Viuda o viudo solos	11	}11		
9) Soltero o soltera	4	}	9	6
10) Otros arreglos (véase el texto)			7	5
Total	161	100%	148	100%

En el lapso de las últimas dos décadas se dio en la población de la comunidad estudiada un ajuste a la baja en términos absolutos. Este ajuste se debe a la migración como causa próxima, pero su causa profunda (estructural, selectiva) está en la capacidad de sustentación de la comarca. En 1983 pude obtener datos precisos para calcular la productividad de las milpas y los cafetales. La conclusión que se puede sostener es que con la tecnología de roza y quema en el monte y la de barbecho en las milpas semipermanentes cerca del pueblo es posible alimentar alrededor de 450 personas (el cálculo véase en Tyrtania 1992). El hecho de que vivieran más personas en el pueblo (un 27% más en relación a la capacidad del lugar calculada) es atribuible al éxito de la cafecultura. El cultivo de café, sin embargo, entró a los finales de los años 80 en una crisis severa, de la cual no se recuperó hasta la fecha. En 1983 por el precio de una arroba de café se podía comprar 60 kilogramos de maíz. En 2003 por el mismo precio se consigue una tercera parte. Los cálculos de sustentabilidad realizados permiten concluir que la cantidad de habitantes de la aldea se ajustó en las últimas dos décadas a su capacidad local de sustentación, medida ésta última a partir de la producción de maíz. Debido a las condiciones locales la producción se realiza exclusivamente con tecnología tradicional, ocasionalmente apoyada con abonos químicos.

En segundo lugar, en el cuadro 1 se puede observar una diversificación de unidades domésticas en cuanto a la estructura interna de las mismas. Llama la atención el hecho de que la mayoría de las unidades domésticas de la aldea no se

ajustan al ideal de "familia", el cual los propios habitantes de la Sierra defienden como el modelo, y que es la familia nuclear (padres con hijos). La cantidad de familias nucleares disminuyó en un 10% en los últimos 20 años, la de las familias extensas permaneció la misma, la cantidad de intermitentes (que cambian de composición de acuerdo a las circunstancias, véase más abajo) aumentó al doble, mientras que en el mismo período de tiempo el total de habitantes disminuyó alrededor de 38%. (Considero como unidad doméstica el grupo de personas que vive bajo el mismo techo y come del mismo comal.) Aumentó notablemente la cantidad de madres solteras, de personas que viven solas sin hijos y de arreglos atípicos, tales como tíos con sobrinos, abuelos con nietos, hermanos mayores con hermanos pequeños, matrimonio joven con sobrinos, hombre sólo con hijos y otros parecidos, algunos de los cuales tienen aspecto de provisionales *ad hoc*, o cambian en la medida en que sus componentes van y vienen. Todas estas adaptaciones se deben a la necesidad de ajustar los ciclos vitales de la unidad doméstica con los ciclos económicos y sociales, tal como se desglosó la idea más arriba (según la cual la evolución consiste en procesos estocásticos entrelazados).

En el ajuste de la población a las condiciones del medio operan mecanismos de regulación que están diferidos a través de toda la estructura social y que en términos de la energética se llaman controles (Malthus los llamaba *chek's*). El material genealógico recabado (que no presento en este trabajo por su extensión) permite concluir que hay una marcada tendencia de posponer el nacimiento del primer hijo, así como espaciar los nacimientos, cosas que antes se dejaba a la buena de Dios. En la misma tabla puede apreciarse un aumento en el número de matrimonios jóvenes todavía sin hijos y en el número de solteros en un 50%. Sin embargo, nada de esto influye en la tasa de crecimiento natural de la población. La cantidad de hijos por mujer (hijos vivos por mujer residente) fue de 2.9 en 1983, mientras que 20 años más tarde, en 2003, el mismo parámetro fue de 3.42, lo cual es, sin duda, un éxito del sistema. Por otra parte, disminuyó notablemente la cantidad de niños muertos al nacer y aumentó la esperanza de vida, datos que pueden comprobarse en los registros de bautizos en los libros de la parroquia y en los registros de entierros en la misma fuente. La esperanza de vida se está acercando al promedio nacional, que es de 74 años. La tasa de crecimiento subió ligeramente, como puede verse en los diagramas sobre la población regional (véase el siguiente apartado).

Con lo anterior me remito a la hipótesis 2 (apartado 6.1), en la que se formula la pregunta sobre la distribución del promedio de vida, sobre la tasa de mortalidad y las razones de éxito o fracaso de las estructuras de regulación sociales. El recurso a la

medicina moderna, a los complementos dietéticos de la comida comercializada y a la bioquímica en la agricultura dan por resultado un aumento poblacional general en la región. Sin embargo, a dicho aumento le acompaña el dismantelamiento de los circuitos de control locales, como se ha visto en el apartado anterior. Los insumos de "alta energía" permiten escapar a la regulación de los circuitos internos del ecosistema, pero la pregunta es qué tan lejos permiten escapar.

Los cambios en la composición de las unidades domésticas son una respuesta a las variaciones en los flujos energéticos. Como toda adaptación, son parte de un proceso estocástico, experimental, de autoorganización; las variaciones en la estructura de los grupos de parentesco representan un escalafón de cambios como una secuencia de adaptaciones dirigidas socialmente. La *adaptación* ocurre en diversos niveles. Los miembros de una población en primer término tratarán de adaptar su comportamiento; si eso no da resultado, empezarán a hacer cambios fisiológicos; y si eso tampoco tiene consecuencias, la población experimentará cambios genéticos (Bateson 1972: 346-63). Cada uno de estos niveles, comparado con el anterior, es progresivamente más "profundo", requiere más tiempo, resulta más difícil de alcanzar y es irreversible cuando se logra (Adams [1975] 1983: 227).

El ser humano se adapta por medio del control (Adams 1978: 22), el cual ejerce a través de conjunciones de lo energético y lo mentalístico que le permite la cultura (1978: 63). Las imágenes mentales son un componente importante de la toma de decisiones, porque gran parte de la adaptación de una unidad ocurre en términos de tales imágenes (1983: 227). La reducción mental es el arma secreta de la adaptación humana; el hombre puede manejar algo cuando puede «reducirlo a su tamaño». Si no puede hacerlo, ese algo lo manejará a él (1983: 306). La imagen mental que acompaña los ajustes adaptativos en el caso que nos ocupa es la familia y el sistema de parentesco como su patrón general. Como se ha visto, el prtilinaje puede servir para muchas cosas, así también la familia extensa (reparto de la herencia, manejo de procesos productivos complejos, protección contra la pobreza); sin embargo, es la unidad doméstica en alguna de sus formas, la que soporta el peso de la organización política actual. La organización política de la comunidad campesina sería el siguiente nivel en donde se deberían esperar cambios adaptativos frente a la entrada de flujos de cierta magnitud. Antes de analizar este nivel presento una descripción de la población de la comunidad y de la región.

Tabla 1.1

La población del Rincón

<i>Pueblo</i>	Año	1548	1568	1622	1703
Tiltepec		906 ^a	622 ^a	352 ^a	736 ^c
Josaá		-	-	44 ^a	197 ^c
Yagila		525 ^a	169 ^a	166 ^a	460 ^c
Teotlaxco		455 ^a	168 ^a	122 ^a	210 ^c
Yagavila		1,309 ^a	481 ^b	304 ^b	238 ^c
Zoogochí		383 ^b	141 ^a	125 ^b	210 ^c
Yaneri		394 ^a	282 ^a	136 ^a	306 ^c
Tepanzacoalco		415 ^a	141 ^a	125 ^b	163 ^c
Cacalotepec		923 ^a	281 ^a	87 ^a	391 ^c
Yotao		460 ^b	169 ^a	85 ^a	329 ^c
Juquila		919 ^b	338 ^a	299 ^b	313 ^c
Tanetze		3,297 ^a	1,694 ^a	1,312 ^a	235 ^c
Yaviche		231 ^b	85 ^a	75 ^b	138 ^c
Yagallo		1,155 ^a	169 ^a	206 ^a	338 ^c
Lachichina		854 ^a	478 ^a	423 ^b	194 ^c
Yaeé		1,625 ^a	564 ^a	400 ^a	296 ^c
Lalopa		1,075 ^a	423 ^a	167 ^a	401 ^c
Otatitlán		1,158 ^a	225 ^a	43 ^a	110 ^c
Yatoni		242 ^a	163 ^a	163 ^a	178 ^c
Talea		307 ^b	113 ^a	100 ^b	350 ^c
TOTAL		16,633	6,643	4,734	5,793

Tabla 1.2

La población del Rincón (continua)

	1742 ^{cf}	1781 ^{cf}	1789 ^{cf}	1820 ^{cf}
Tiltepec	810	410	296	379
Josaá	293	229	250	196
Yagila	684	489	555	518
Teotlaxco	312	233	228	200
Yagavila	354	367	429	213
Zoogochí	312	389	352	305
Yaneri	456	432	470	315
Tepanzacoalco	242	246	270	239
Cacalotepec	582	705	862	616
Yotao	489	559	622	333
Juquila	466	471	422	424
Tanetze	349	414	401	448
Yaviche	242	164	205	122
Yagallo	503	546	514	411
Lachichina	289	266	298	167
Yae	666	911	860	659
Lalopa	596	801	705	414
Otatitlán	163	203	196	144
Yatoni	265	167	168	152
Talea	512	687 ^c	590	518
TOTAL	8,585	8,689	8,693	6,773

Tabla 1.3

La población del Rincón (continua)

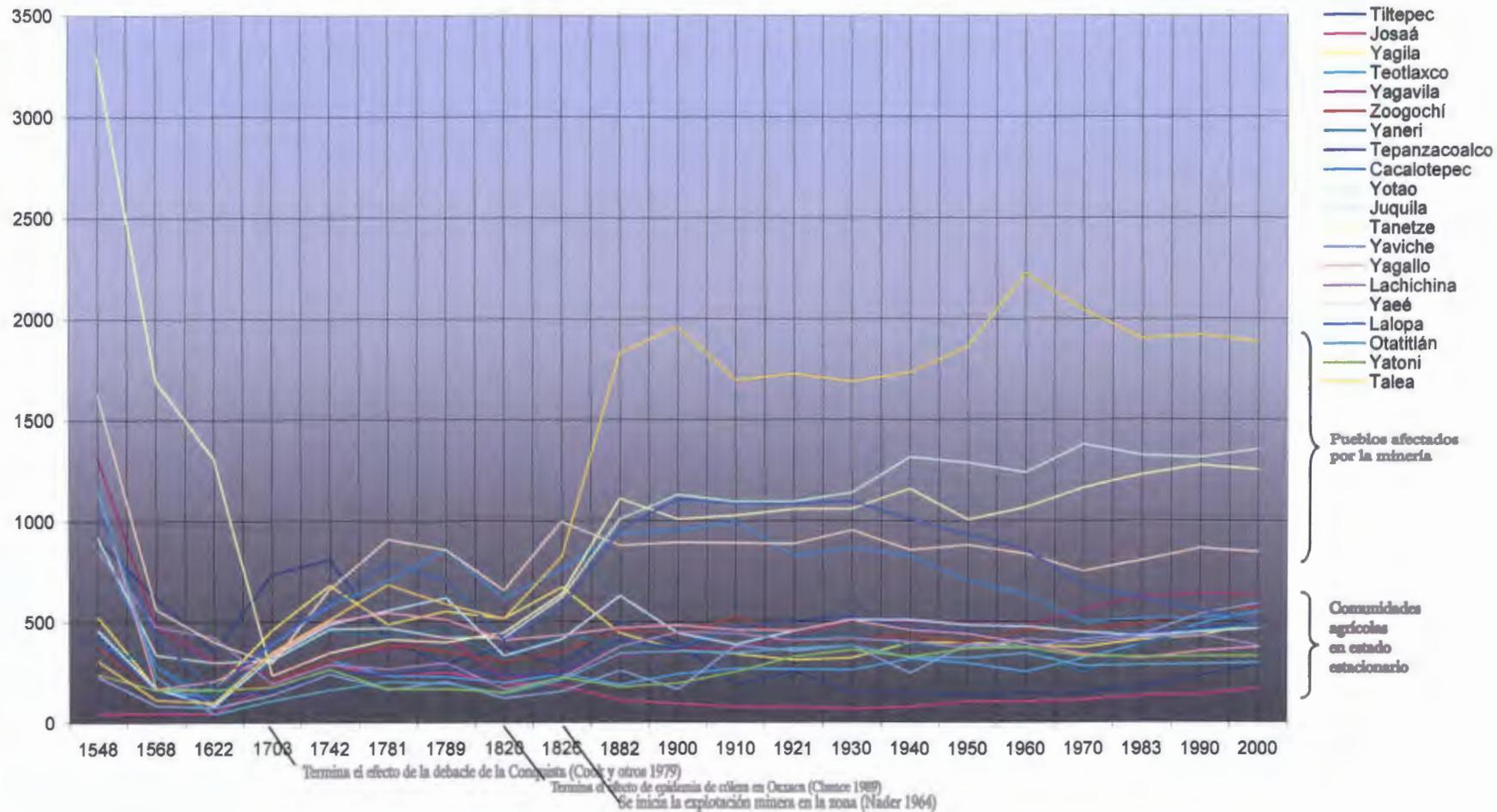
	1826 ^{cr}	1882 ^{cr}	1900 ^{ca}	1910 ^{ca}
Tiltepec	284	503	398	185
Josaá	186	109	93	78
Yagila	674	446	361	340
Teotlaxco	242	189	240	268
Yagavila	260	328	370	368
Zoogochí	352	465	438	525
Yaneri	444	386	378	471
Tepanzacoalco	243	417	365	471
Cacalotepec	766	940	956	997
Yotao	414	632	444	388
Juquila	623	1,012	1,133	1,098
Tantéese	641	1,114	1,011	1,029
Yaviche	155	259	166	383
Yagallo	434	472	484	460
Lachichina	223	379	449	443
Yae	999	881	896	892
Galopa	576	959	1,111	1,086
Otatitlán	212	344	356	346
Yatoni	225	177	196	252
Talea	823	1,833	1,963	1,697
TOTAL	8,776	11,845	11,808	11,777

Tabla 1.4

La población del Rincón (continua)

	1921 ^{cn}	1930 ^{cn}	1940 ^{cn}	1950 ^{cn}
Tiltepec	256	147	150	132
Josaá	77	67	76	103
Yagila	310	321	397	396
Teotlaxco	265 ^e	261	316	295
Yagavila	424	514	502	492
Zoogochí	400	422	432	398
Yaneri	420	434	380	378
Tepanzacoalco	504	529	466	454
Cacalotepec	831	866	829	705
Yotao	455	512	510	485
Juquila	1,099	1,143	1,319	1,292
Tantéese	1,061	1,063	1,162	1,009
Yaviche	355	383	245	390
Yagallo	457	508	460	442
Lachichina	407	418	401	371
Yae	888	956	858	883
Galopa	1,087	1,101	1,011	934
Otatitlán	369	381	323	321
Yatoni	327	361	325	368
Talea	1,729	1,692	1,735	1,865
TOTAL	11,721	12,079	11,897	11,713

Figura 3: Flujo poblacional en la Sierra Zapoteca del Rincón (Fuente: véase la tabla 1)



7.5 La dinámica poblacional

La tabla 1 (véase las páginas anteriores) es una reconstrucción de la población del Rincón desde los tiempos de la conquista hasta el presente. Dicha reconstrucción se basa en los resultados que presenta Chance (1989), Cook y Borah (1960, 1968), e incluye los diferentes registros de población regionales, así como los censos nacionales del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Para ciertas conclusiones me serviré de las encuestas genealógicas realizadas en el pueblo de Santa Cruz Yagavila y de censos escolares, fuentes a las que considero mucho más fidedignos que los censos oficiales, por razones que explicitaré más abajo.

Las fuentes coloniales, escasas e incompletas, en las que se basan los autores mencionados arriba indican sólo el número de tributarios (familias, a veces hombres casados, en ocasiones hablan de indios) a partir de los cuales hay que reconstruir lo demás. Esta característica de las fuentes obliga a los demógrafos a trabajar con estimaciones e interpolaciones. Cuando hay datos disponibles sobre el número de tributarios, puede obtenerse el total aproximado de habitantes con base en determinados supuestos, los que se infieren a partir de los casos mejor documentados y representativos de la zona y de la época. La metodología y los factores de conversión para las distintas regiones de Mesoamérica fueron elaborados por la escuela demográfica de Berkeley y se basa en la tendencia de la población hacia el estado estacionario:

The underlying principle may be conceived as the tendency of population ratios to remain stable in space and time and may be expressed thus: With respect to whole populations, or subordinate categories thereof, the ratio between two components, or between two spatial entities, remains relatively constant through an appreciable interval of time (Cook y Borah 1971: 75).

Las estimaciones de Cook y Borah (1960) se presentan en la tabla señalándolas con el símbolo de *). Los demás espacios de la época colonial en realidad son los espacios blancos, esto es, no hay ningún dato disponible para producir siquiera una estimación. Pero se pueden arriesgar inferencias razonables, que los autores llaman *interpolaciones*. Chance, quien para su estudio de *Conquest of the Sierra* (1989) revisó los archivos disponibles tanto en México como en España, obtuvo datos para calcular las interpolaciones con un grado de seguridad mayor que Cook y Borah. Estos resultados el autor los pudo conseguir con base en los mismos presupuestos metodológicos mencionados arriba y en la tabla se designan con el superíndice ^b). El valor de las interpolaciones no es el mismo que el de las estimaciones, pero en el caso de los pueblos de la Sierra Zapoteca del Rincón prevalecen las estimaciones, que son más confiables. Se puede decir que se trata de un caso bien documentado,

ya que las estimaciones prevalecen en el 80% sobre las interferencias. A partir del siglo XVIII ya todos los pueblos del Rincón aparecen en los reportes de tributarios y en los censos. Para el año 1703 Chance presenta sus propias estimaciones, señalados en la tabla con la letra γ . Las fuentes del siglo XVIII y XIX son censos regionales y a partir del 1900 se dispone de censos nacionales. Los resultados de los censos nacionales no siempre se pueden asumir como precisos. En la República Mexicana no existe hasta la fecha ningún tipo de padrón de población que podría servir como base para un censo. Pero el sesgo que se manifiesta en los censos de los pueblos de la Sierra se debe a la migración: los habitantes de la región consideran a los emigrados como parte de la familia y los incluyen en las respuestas a las preguntas de los censores. Por mi propia experiencia de trabajo de campo pude constatar que los censos escolares y de los centros de salud son mucho más exactos que los censos nacionales. Los datos de dichos censos se señalan con la letra δ .

Para manejar los datos demográficos en el contexto de la dinámica poblacional regional es muy importante definir el territorio de la provincia con precisión. Este trabajo fue hecho en la primera parte del presente capítulo tomando en cuenta los criterios geográficos, ecológicos, históricos, políticos y los demás (véase el mapa 2). Siguiendo la regularidad del patrón de asentamiento, descrita en el apartado anterior (me refiero a la ubicación de las comunidades en la franja entre 1 100 y 1 600 metros sobre el nivel del mar) los 20 pueblos hablantes de *ditza xidza* que figuran en la tabla 1 no están enumerados por orden alfabético, como es de esperar en una tabla, sino tal como se suceden en el piso ecológico de la tierra templada que bordea la cuenca. Un viajero que ingresa en la región por San Miguel Talea de Castro puede llegar a San Miguel Tiltepec, yendo de pueblo en pueblo por el antiguo Camino Real, sin cambiar de altitud, o casi. El camino bordea la región al mismo nivel, que corresponde al piso ecológico de ecotono (o tierra templada) entre la tierra caliente y la fría. Este es un criterio ecológico de importancia que permite delimitar las fronteras del sistema energético con un grado de certidumbre suficiente como para arriesgar las conclusiones sobre el comportamiento del mismo.

En su estudio de etnohistoria regional Chance analiza el impacto de la conquista en el territorio que abarcaba la Alcaldía Mayor de Villa Alta. La Alcaldía, también denominada por los conquistadores como Las Zapotecas, fue creada en 1532 con criterios político-administrativos. La Alcaldía abarcaba cinco diferentes regiones etnolingüísticas mencionadas más arriba, las que hasta hoy conservan su identidad cultural. La región que aquí interesa es la del habla zapoteca en su variante de *didza xidza*, como ya se ha dicho más arriba. La región consta en la

actualidad de 12 municipios, que abarcan 20 pueblos y algunas rancherías o localidades que se desprendieron en los últimos 30 años de los pueblos. Chance incluye algunos pueblos más de los que yo tengo noticia que estén en la actualidad en la zona.⁴⁰ En el Rincón muchas comunidades cambiaron de lugar y de nombre debido a pestes. (Por otra parte, el autor no se propone determinar los límites de la región que aquí he tomado por objeto de estudio.)

No siempre una unidad territorial cultural o étnica coincide con una demarcación ecológica. Más bien, debería decirse, casi nunca. La razón por la cual las fronteras energéticas de una sociedad no coinciden con las fronteras ecológicas es que los límites locales naturales se imponen al crecimiento de una especie y las sociedades humanas son especialistas en evadir estos límites. Sin embargo, en el caso de las comunidades zapotecas de la Sierra hay una notable coincidencia ente el ecosistema y las fronteras etnolingüísticas. Como ya se ha visto, la región etnolingüística concuerda con la cuenca del río Juquila-Cajonos. Los pueblos que se desprendieron del Rincón hacia Los Bajos (de Yovego hacia el norte) no se toman aquí en cuenta, porque aún cuando conservan las características culturales de la región zapoteca serrana (se los suele llamar el Rincón Bajo), de todos modos cambiaron de hábitat y no mantienen vínculos con sus comunidades de origen. Tampoco incluyo La Luz, un asentamiento ya mencionado, establecido en la década de los setenta, en el que se habla el zapoteco de Atepec, ubicado en el extremo norte de la región, en los dominios de Tiltepec. Varios rancheríos de Talea están convirtiéndose en asentamientos permanentes, como es el caso de El Porvenir, pero todavía no aparecen en las estadísticas como pueblos.⁴¹ La tabla 1 incluye los pueblos asentados en la región desde la más remota antigüedad. Sus registros de población pueden rastrearse desde la época colonial hasta el presente, como lo hace Chance (1989), cuyos resultados he completado con los censos nacionales más recientes.

Los datos de la tabla 1 pueden interpretarse a favor de la hipótesis del estado estacionario (bajo la condición de paridad de insumo). Como se ve en la figura 2, la población del Rincón se ha recuperado de la debacle de la Conquista, ha pasado por varias crisis epidemiológicas y se mantiene en una situación fluctuante *cuasi* estable

⁴⁰ Estos pueblos son: San Juan Tagui o El Tagui, Santa María Temascalapan, Totolinga, San Juan Yalahui, San Juan Yetzacovi, Huayatepec y Zultepec. La estimación del 1548 menciona a Otatitlán junto con Huayatepec, y a Yatoni junto con Vichinagua.

⁴¹ Algunos de estos nuevos pueblos surgieron a raíz de los conflictos religiosos en las comunidades, las que son tradicionalmente católicas y no admiten creencias ajenas a su credo por considerarlas una ofensa al Santo Patrono. Las familias de los migrantes, sin embargo, están expuestas por las circunstancias de su nueva vida a ideas diferentes, las que no encuentran acomodo fácil en la tradición cultural local, una problemática que comentaré más adelante.

hasta el presente. A partir de los 80 se ha incrementado la población en todas las comunidades; sin embargo, los censos no reflejan la migración temporal de la mano de obra. Cuando se hacen los censos la gente informa a los censores sobre todos los miembros de la familia. Muchos de ellos no residen en la comunidad, pero tienen propiedades y casas en el pueblo. Como derechohabientes cumplen con las obligaciones que la comunidad impone, de modo que no hay razón para excluirlos del padrón. En algunos casos he podido conseguir censos escolares, de los centros de salud o de la Brigada de Oncocercosis. Estos censos son fragmentarios, pero por estar realizados a propósito de algún fin pragmático son censos mucho más realistas en cuanto a la cantidad de personas que residen en el pueblo. El censo genealógico que he levantado a propósito del presente ensayo es preciso al respecto: en el pueblo hay 148 casas habitadas por 448 individuos. En los registros del INEGI figuran 182 casas y 636 habitantes (véase la tabla 1). En el año 2003 249 hombres de la comunidad iban y venían como migrantes. Un registro como este confirma la hipótesis de que la población de las comunidades rinconeras está fluctuando alrededor de la capacidad de sustentación del medio. Esta capacidad la pude medir con todo detalle en el caso de la comunidad escogida (véase más arriba) a partir de la producción maicera. Para la región como un todo un apoyo a la hipótesis del estado estacionario son los análisis de las fotos aéreas, de las mapas del INEGI y de los censos de población. Sobre la base de lo expuesto concluyo que la región puede sostener, con la tecnología tradicional vigente, un promedio de alrededor de 12 mil habitantes. Para que la sustentabilidad funcione, además de mantenerse el promedio de habitantes dentro de cierto límite, la producción interna relacionada con el autoabasto debe redistribuirse entre las comunidades. Para esto es necesario que los caminos comuniquen los pueblos entre sí, una condición que se daba en el pasado. En la actualidad, desde que se introdujeron brechas madereras y caminos de autotransporte, la comunicación entre los pueblos del Rincón paradójicamente se interrumpió: todos los caminos conducen a la capital del Estado. Los caminos no sólo permiten el transporte de la gente y los productos, sino también la información. La otra condición *sine qua non* es que los bosques y la vegetación natural en distintos estadios de sucesión estén cubriendo el suelo de las montañas del Rincón en la mayor parte de la superficie, que he calculado en 85%.

7.6 El sistema político

El poder es una herramienta específicamente humana diseñada para enfrentar los problemas de la supervivencia. Según Adams (1978: 23) el poder consiste en una conjunción particular de estructuras energéticas a partir de ciertos patrones mentales, una conjunción de lo energético con *lo mentalístico*. Es la cultura la que permite tal conjunción. El poder consiste, por un lado, en el control del ambiente por parte de una unidad operativa y, por el otro, en el reconocimiento por parte de los demás de ese control (Adams [1975] 1983: 29). Cuando dos personas o grupos de personas tienen el mismo interés en algún elemento del ambiente, entran en la dinámica del poder. De ahí que el poder social sea una manera de “controlar” a nuestros semejantes como parte del control del medio.

Ahora bien, la palabra *control* puede causar malentendidos. La cibernética o “teoría del control” introdujo este concepto en un sentido diferente al uso común; “control” en el sentido sistémico se refiere a la *capacidad de autorregulación* del sistema, no al dominio de una parte sobre el todo, como sería el caso de un supuesto dominio del hombre sobre la naturaleza, o el dominio de la mente sobre el cuerpo, etcétera. El poder es un mecanismo autocatalítico, que consiste en la toma y ejecución de decisiones acerca del ejercicio de una tecnología, que mantiene o modifica un orden (Adams [1975] 1983: 31). El poder social surge y se desenvuelve en una serie de etapas de identificación-coordinación-centralización. El citado autor propone tomar estas etapas como una herramienta para el estudio de la adaptación específica (Adams 1978: 102). Roberto Varela (1984: 43) resume la idea de la siguiente manera:

Las unidades en secuencia de crecimiento primero forman unidades de identidad, pasan después a unidades coordinadas y terminan en unidades centralizadas. Ahora bien, la centralización de una unidad la coloca en un nuevo nivel de integración que alcanzó en coordinación con unidades semejantes. Esta secuencia es vista, por tanto, como un movimiento incesante: una unidad se centraliza internamente a la vez que se coordina externamente, previa identificación, con otras unidades en el nuevo nivel de integración. En la medida en que siga aumentando el poder en el sistema, la unidad pasará a un nivel más alto de centralización que la pondrá de nuevo en coordinación externa con otras unidades con semejante nivel de centralización.

El poder no puede aumentar en el sistema sino con el aumento del flujo de energía. Esta concentración del poder en relación con el aumento en los marcadores del flujo energético no es un asunto lineal. El grado de centralización del poder está en relación directa con la cantidad de energía que fluye a través del sistema e indirecta con la cantidad de formas energéticas que participan en las actividades del

sistema.¹ Los procesos de coordinación y centralización no se dan en el vacío, como sucede con los movimientos prístinos. En el ámbito social existe una buena cantidad de poderes ya constituidos antes de que hubiéramos nacido.

A la dialéctica de coordinación y centralización se suma la del poder asignado y el poder delegado. Es así como se construyen los vehículos de supervivencia sociales. Cuando la cantidad de insumo (de material-energía-e-información) lo permite, o cuando interviene el poder externo con sus propios recursos, la unidad se centraliza. El hecho es que la centralización de las funciones de control es un movimiento que exige ceder una parte de la libertad que posee un actor o unidad operativa en aras del funcionamiento de la unidad mayor (Hamilton 1977). Este movimiento de centralización-subordinación presupone el estado estacionario de las formas energéticas que participan en él. Una unidad operativa no puede ser "bloque de construcción" en el nivel incluyente si no alcanza el estado de madurez.

La centralización de una unidad suele ocurrir como parte de la coordinación de esa unidad con otras unidades. Dicho de otro modo, la centralización de una unidad en un nivel es un lazo dialéctico con la coordinación de esta unidad con otras del nivel siguiente. Por eso todos los niveles, excepto el más alto, experimentan necesariamente toda la secuencia de crecimiento. En cualquier punto de la evolución, el nivel superior será un conjunto coordinado de relaciones, aunque puede mostrar tendencias oscilatorias hacia la centralización y hacia el sentido contrario. Ocurre así porque la centralización en un nivel es simultánea con la coordinación en un nivel siguiente (Adams [1975] 1983: 233).

Hasta aquí un breve resumen de la teoría, veamos ahora cómo funcionan estas ideas en el caso que nos ocupa.

La comunidad campesina es una unidad operativa indivisible basada en una composición balanceada de todos los recursos vitales, poblacionales y territoriales. La comunidad campesina serrana es una unidad de coordinación. Es una comunidad eminentemente endogámica, compuesta por grupos domésticos y patrilinajes exogámicos. En cuanto a la morfología de los grupos domésticos en Santa Cruz Yagavila, ésta es la siguiente. Las familias nucleares representan un 50% del total de unidades y las demás se distribuyen entre familias extensas y familias fragmentadas, tales como viudas con hijos, madres solteras, abuelas con nietos y otras (véase el cuadro 1). Esta variedad de formas se debe a que las unidades domésticas atraviesan su propio ciclo biológico, acoplado éste con otros ciclos. En la naturaleza todo intercambio es cuestión de ritmos. Este es el meollo del

¹ La idea merece una mayor elaboración. Básicamente quiere decir que, además de la cantidad y calidad de energía que fluye a través de un sistema, importa también la cantidad de la información o la calidad de los controles. Algunos controles están muy generalizados (autocatálisis, fotosíntesis, oxidación), pero cuanto más complejo el sistema en cuanto a la cantidad de formas específicas que lo componen, los controles se vuelven increíblemente elaborados, como es el caso de los sistemas sociales.

argumento. Con el ciclo biológico tiene que sincronizar el ciclo económico, determinado éste último por el tamaño óptimo del grupo cooperativo; los ciclos biológicos y económicos, a su vez, tienen que sincronizarse con el ciclo social de formación de grupos inclusivos mayores (familias, familias ampliadas, patrilinajes, comunidades, etcétera). Como ya se ha dicho en el apartado 6.2, las rutas de intercambio de energía, materiales e información conforman ciclos de tiempos que se miden con "relojes" diferentes; esto es, se trata de mecanismos de distintos ritmos y compuestos de distintos mecanismos de detonación.

He aquí un ejemplo. Para el cultivo de maíz la cooperación suele ser intrafamiliar: trabajan en él exclusivamente los miembros de una unidad doméstica. En el cultivo de café colaboran los miembros de la unidad doméstica mas los *mozos* (mano de obra a sueldo). En el cultivo de caña de azúcar aparece la familia extensa o el patrilinaje. Esto es así, porque la concentración de la mano de obra en ciertos momentos del cultivo requiere de una cooperación especialmente intensa y la redistribución de los beneficios no puede calcularse con exactitud.² Lo mismo sucede cuando hay que instalar el trapiche, construir una casa nueva, cambiar el techo, organizar una boda, etcétera. Una característica importante de la economía campesina es que no todos los flujos o intercambios de energía están monetarizados.

La combinación de los ciclos biológicos, económicos y sociales es una relación entre procesos entrópicos que afectan los sistemas abiertos [*open-ended proceses*, según la expresión de Hamilton]. Como tal es una relación *estocástica*, no lineal, en parte azarosa e impredecible, en parte ordenada y ordenadora.

En el caso de formación de patrilinajes el patrón de identificación/coordinación de unidades domésticas se da sobre la base de las reglas de filiación, matrimonio y herencia. "El matrimonio une, la propiedad mantiene, la herencia divide", observa Leach (1975). Los linajes pasan por fases de expansión y dispersión. En la Sierra algunas veces llegan a concentrar el poder en manos de un patriarca, o viuda heredera, en su caso. Cuando sucede tal concentración, con la muerte del cabecilla del linaje termina todo. Por alguna razón los linajes no logran alcanzar el estado estacionario, esto es, no logran afianzar sus ciclos más allá de una generación. No se prefiguran como "bloques de construcción" en la factura de un

² La siembra y el cuidado de la plantación queda a cargo del propietario del cañaveral, pero la zafra y el beneficio exigen la cooperación de varios trabajadores, hombres y mujeres, que deben concentrar su esfuerzo en unos cuantos días con sus respectivas noches. El proceso de beneficio de la caña de azúcar exige una colaboración intensa, difícil de calcular. La panela es un endulzante para el café de consumo diario, a la gente no le gusta el azúcar refinada. En condiciones en las que abunda la mano de obra y el dinero es el bien escaso por excelencia, la organización del trabajo recurre a patrones de parentesco, es este caso, a los de la "familia ampliada".

vehículo de supervivencia en el siguiente nivel de integración. La razón hay que buscarla en el sustrato energético de cada proceso en particular.³

Si un arreglo no logra suficiente estabilidad (porque su soporte energético no lo permite), lo que sucede es una especie de decodificación de este arreglo, para que sus elementos funcionales más simples puedan servir de nuevo como elementos de construcción en el siguiente nivel. No son los representantes de los linajes los que se reúnen en el peldaño superior de la estructura política local, sino quienes encabezan las unidades domésticas de un linaje. Lo que aquí llamo "decodificación" es un desmantelamiento de vehículos de supervivencia, que es posible gracias a que los sistemas sociales constan por definición de partes desmontables y de fronteras cambiantes.

En la unidad doméstica serrana el poder se concentra en manos del *jefe* o, cuando éste falta, de la *jefa*. Los jefes de familia se encuentran en el ágora, en donde identifican sus intereses y los de la comunidad. A partir de esta identificación conforman una unidad en nivel de integración inmediatamente superior, esto es, el de la aldea o comunidad corporada. Sus órganos de coordinación son la Asamblea del Pueblo y las autoridades del Ayuntamiento (municipio, agencia municipal, jefatura de policía, que son categorías políticas impuestas desde afuera). Las autoridades son parte de un sistema de cargos, típico de cada aldea, dispuesto en cuatro niveles:

1)	Topil	=	Sacristán	=	Secretario
2)	Regidor	=	Sacristán	=	Secretario
3)	Agente	=	Síndico	=	Policía
4)	Alcalde	=	Fiscal	=	Caracterizado

Los miembros de la Asamblea del Pueblo traen consigo el poder asignado, el cual se basa en el poder independiente cedido por los miembros de la célula familiar de la que provienen. Al encontrarse en la asamblea ceden, a su vez, parte de su poder a las autoridades. Las autoridades son elegidas cada año (a mano alzada según los "usos y costumbres") y reciben la vara del mando en la misa de rogación

³ Tengo documentado un caso de "cacicazgo" de los años setentas en San Juan Yacé. El señor Juan Sosa acumuló cafetales y manejaba el negocio de venta de carne de res para la fiesta. Muchas de las reses fueron sustraídas por los hombres del cacique de los pueblos vecinos cuando pastaban en el monte. A la muerte de Juan Sosa en 1979 su cuerpo y alma fueron reclamados por el *Bēni Gui'ah*, el Señor de la Montaña, una entidad sobrenatural local que se encarga de prestar la fortuna en vida y cobrarla después de la muerte. Hay que trabajar para el *Bēni Gui'a* "todo un resto", nadie sabe cuanto tiempo. La fortuna que concede la entidad es intransferible. Juan Sosa compró la imagen de Cristo Nazareno para el templo y una estatua de Benito Juárez para la plaza pública, imágenes que se pueden ver hoy día en sus respectivos lugares en el pueblo. Se dice que esto lo hizo para salvarse.

el 1 de enero de cada año. (El calendario político del Estado de Oaxaca prevé el tiempo de tres años para las autoridades municipales, pero en la mayoría de los pueblos rinconeros el cargo es de un año.) El poder de las autoridades del pueblo tiene toda la legitimidad necesaria mientras está acotado por los controles de la Asamblea del Pueblo, que ésta ejerce con severidad.

Cada hombre, al adquirir el estatus de ciudadano, tiene que entregar una parte de su trabajo en tequio. También debe destinar una buena parte de su tiempo a las asambleas y una buena cantidad de años de su vida a los cargos político religiosos. El servicio al bien común en una comunidad indígena es una dimensión esencial de la vida. La comunidad es una pieza central en la cosmovisión de los serranos. La aldea es el centro del mundo, que brinda el sustento a las familias que la componen y confiere el sentido a la existencia misma de los individuos.

El munícipe o agente municipal cuenta con un equipo de trabajo, cuyo personal también es elegido por la asamblea, para desempeñar cada cargo por turnos que corresponden a cada individuo. Un hombre puede hacer su carrera como topil, regidor, agente y alcalde; otro como sacristán, secretario, regidor, síndico, tal como lo indica la tabla de equivalencias más arriba. Aparte, el munícipe o edil cuenta con un Consejo de Ancianos y Caracterizados. El "anciano" es un hombre que ha desempeñado con éxito todos los cargos y se ha ganado un prestigio en ello. En ocasiones, cuando la circunstancia lo amerita, este consejo incluye a los expertos, esto es, los "caracterizados", que tienen conocimiento de ciertos asuntos.

Desde la década de los años 80, poco a poco, el Consejo de Ancianos está cayendo en desuso. La sabiduría de los ancianos se sigue apreciando en asuntos del ritual, en el manejo de genealogías (en una comunidad endogámica la elección de pareja puede presentar ciertos problemas), en cuestiones de curanderismo, pero ya no se la toma en cuenta en la política. Ahora es el tiempo de los caracterizados; un experto en asuntos de política tiene que conocer el mundo exterior y tiene que hablar bien *xtila* (la "castilla", el español). El paulatino desplazamiento del Consejo de Ancianos es un ejemplo de decodificación de un órgano social de coordinación, que no llegó a centralizarse. Los expertos provienen de otras instituciones, tales como mesas directivas y organizaciones de los vecinos que describiré más adelante. Las autoridades tienen que recurrir cada vez más a la información que se genera en el municipio de Ixtlan y en la capital del Estado. En las comunidades de la Sierra intervienen instancias gubernamentales, eclesiales, educativas, sanitarias y otras de tipo informal, como las cooperativas, asociaciones de comerciantes y caciques. Mucho se recurre a la experiencia de las ONG que trabajan en la zona. Las

autoridades de la comarca también se organizan entre sí, creando instancias propias de consulta y toma de decisiones. Es así como se forman ciertas estructuras coaxiales. Más adelante hablaré de estas organizaciones y describiré el proceso de regularización de las tierras comunales de Santa Cruz Yagavila, en el que intervinieron muchas de ellas y en el que la confluencia de las mismas aseguró el éxito.

Una novedad en los pueblos de la Sierra es la creciente inclusión de mujeres en los menesteres de la comunidad. A las madres solas, las viudas, las esposas de los migrantes se les aplica "la misma vara" que a los hombres a la hora de repartir la asamblea las tareas y las cargas, ya que se las considera cabezas de la unidad doméstica. Tienen que pagar por el tequio, por el alumbrado público, por los arreglos del templo, deben asear el templo y los edificios públicos y participar en tareas que establezca la asamblea general. Si no lo hacen, pierden el derecho de poseer y de heredar la tierra, la casa y tal vez "pierden hasta el lugar en el campo santo". El aumento en importancia de las mujeres en la arena política se debe en buena parte a que ellas se hacen cargo del manejo de la economía doméstica con los recursos de los programas gubernamentales de Procampo y los demás que les dan acceso a servicios de salud y de educación para sus hijos. Con todo, a las mujeres les siguen vedados los cargos públicos enumerados en la tabla anterior.⁴

He recurrido en esta descripción con frecuencia al concepto de Hamilton de "bloques de construcción" (véase el apartado 4.2). La idea básica es que una forma energética en cuanto vehículo de supervivencia debe ser relativamente estable para servir como elemento de construcción en el siguiente nivel de elaboración (del vehículo inclusivo, del eje coaxial, del dominio). En el caso de las estructuras de la organización social humana la centralización es condición previa para que se puedan integrar en el nivel más alto. Con la coordinación sola no basta. La centralización en un nivel, según Adams, es simultánea con la coordinación en un nivel siguiente (1983: 233).

Esta idea ayuda entender por qué los linajes del pueblo no llegan a ser unidades de construcción de poder en el nivel comunitario y también por qué las comunidades rinconeras no pasan a formar una unidad regional a partir de consejos de ancianos (como sucedía en la historia precolonial), a partir de la asamblea de las autoridades municipales, o a partir de cualquier otra instancia de entre las que se

⁴ En las comunidades pequeñas de otras partes de Oaxaca, en las que la migración es tan intensa que ya no hay hombres en el pueblo, las mujeres participan en el sistema de cargos, pero sólo sustituyendo las funciones de sus esposos.

están gestando en la región. La coordinación puede subvencionarse con el tiempo libre y el poder independiente, esto es, con la energía de cada participante; para pasar a la centralización se necesita insumos mayores.

El hecho es que la unidad doméstica representa el vehículo más logrado en cuanto a su capacidad de acoplar los ciclos energéticos del ecosistema (ecológicos, económicos y sociales). Esta capacidad de autosostenimiento la faculta para ceder su poder y asignarlo a las autoridades comunitarias. Ninguna otra institución de la cultura zapoteca serrana llega a tal grado de autonomía.

En el nivel regional los grupos etnolingüísticos de Oaxaca constan de comunidades cuya frecuencia de interacción había variado mucho a lo largo de la historia. Hoy día no es lo suficientemente intensa como para propiciar una unidad más allá del conjunto de identificación. Como se ha visto en el apartado anterior, el mercado regional, que en el pasado desempeñaba el papel de un mecanismo de regulación supracomunitario, sufrió una transformación y se reorientó hacia la ciudad de Oaxaca, lo cual no contribuyó a la comunicación entre las comunidades. Son escasos los servicios que se intercambian entre las aldeas de la región. Los contactos se limitan a invitaciones de bandas de música, competencias entre los equipos de baloncesto, concursos regionales de oratoria zapoteca, y cosas por el estilo. Algunos de estos intercambios son vestigios de relaciones intercomunitarias ritualizadas en el pasado.⁵ Por encima de estos intercambios parece predominar, sin embargo, la desconfianza mutua. Las comunidades se perciben como distantes entre sí, más que como miembros de una etnia, sobre todo las comunidades cuyo territorio comparte las colindancias.

A esta incomunicación entre los pueblos de la misma región contribuyen mucho los conflictos ancestrales por los linderos de las tierras; muchas comunidades en la Sierra los sostienen todavía como parte de su relación con los vecinos en el presente. En el pasado las fuertes fluctuaciones en la demografía no permitían sostener un control constante por parte de un pueblo sobre un territorio. Puede argumentarse que los conflictos desempeñaban un papel funcional de redistribución del territorio. Había aldeas que desaparecían por completo a causa de la peste. Otras, mientras tanto, se expandían. La división político administrativa en municipios impuesta desde afuera es sumamente arbitraria en la comarca y si obedece a algún patrón, éste parece ser un postcolonial *divide et impera*. Algunas comunidades, como la de San Pedro Yaneri, son municipios autónomos, otros de igual tamaño o más

⁵ Existe, por ejemplo, la costumbre de enviar una veladora de la "misa de rogación" por parte de las autoridades recién elegidas a las autoridades de algún pueblo escogido como una muestra de amistad.

grandes, son agencias municipales dependientes de un municipio con sede en una comunidad no indígena fuera de la región. Desde que el movimiento zapatista, que tiene mucho de autóctono y regional, ha presentado la idea de “remunicipalización”, algunos líderes de las regiones zapotecas están pensando sobre el asunto. El movimiento zapatista impulsa la reorganización de los municipios indígenas como una de las condiciones de “buen gobierno”. Los dos centros administrativos que operan en el Rincón desde la Colonia, el de Ixtlán de Juárez y el de San Ildefonso Villa Alta, fungían como centros de dominio llamados Distritos, lo cual dividía la región en dos partes iguales, justo por el centro de la barranca: la mitad occidental pertenecía a Ixtlán y la otra, la del oriente, a Villa Alta. Esta subdivisión caló profundamente en el ánimo de los pueblos, los que hasta hoy día se miran unos a otros como “los del otro lado”. Una reforma administrativa de los años 70 los suprimió como entidades político administrativas.

Se puede concluir que la entidad colectiva más elaborada por las regiones indígenas de Oaxaca es la comunidad territorial. Miguel Bartolomé (1992) propone el término de *sociedades segmentarias* para este tipo de comunidades “para dar cuenta del hecho de que cada grupo etnolingüístico está compuesto por una variable cantidad de comunidades que se comportan como segmentos políticos primarios equivalentes entre sí” (Barabas y Bartolomé 1999: 18). Efectivamente, las comunidades del Rincón son políticamente autónomas, con linderos territoriales bien definidos (aún cuando haya disputas por los mismos) y una economía autárquica basada en el principio de reciprocidad equilibrada. Cada aldea es endogámica, con patrón de residencia patrivirilocal. La comunidad se sacraliza a sí misma, en una suerte de hipóstasis, en la figura del Santo Patrono.⁶ El mismo principio de reciprocidad generalizada que opera en la vida cotidiana, opera también en el terreno de lo sagrado. Con el Santo Patrono hay que sostener buenas relaciones, de respeto y reciprocidad, para que no haya desgracias que lamentar.⁷

En la medida en que el análisis se desplaza de la familia hacia la comunidad, y de ahí hacia la región y el circuito exterior, la reciprocidad se vuelve “negativa” o

⁶ En una oportunidad, de estas que el trabajo etnográfico ofrece, pude quedarme con un hombre viejo de Santa Cruz Yagavila y desde el zaguán de su casa observar una tormenta de verano. Mientras caían los rayos y las centellas el anfitrión me explicaba que es lo que sucedía. En el magnífico escenario que teníamos en frente, los dueños de los cerros (los santos patronos de los pueblos) estaban luchando entre sí. Del resultado de la contienda dependía la agenda de visitas que el hombre iba a realizar en los pueblos vecinos, a los templos y a los amigos y los compadres. Sus nietos estaban sumamente interesados en el relato. (Uno de ellos fungía de traductor, cuando al abuelo le faltaban términos en español).

⁷ La presencia de los grupos evangélicos autóctonos en casi todas las comunidades del Rincón es un duro golpe a la autoimagen de la comunidad campesina. En un principio parece un golpe al corazón mismo de la cultura indígena. Desde fuera lo podemos ver como la disputa por los elementos esenciales de la comunidad que deben reproducirse.

asimétrica, la hospitalidad en el trato de los visitantes de otras comunidades adquiere rasgos más bien simbólicos, mientras que los intercambios con los extraños se rigen por el dinero. Los crucifijos sobre las veredas indican el límite del territorio de cada comunidad, más allá del cual comienza el territorio desconocido. Al cruzar las fronteras del pueblo hay que cuidarse mucho de los malintencionados, en especial, los brujos y las entidades del más allá que pululan en la región.⁸

Las comunidades de una determinada región pueden, a su vez, buscar el siguiente nivel de integración sociocultural, el cual para el caso es la etnia. El primer movimiento en esta dirección es la identificación de un "nosotros". La base de identificación para la familia y la comunidad territorial es la reciprocidad, en el caso de la etnia el principio unificador es el reconocimiento de un ancestro o unos ancestros comunes. Esta autoimagen simbólica funge como un modelo para la organización social y su éxito se debe a que no es costosa en términos energéticos. Tal es la propuesta teórica de Adams (1995) para enfocar el papel de las etnias, como un proceso de autoorganización, en la evolución social. En el caso que nos ocupa, los zapotecos del Rincón habitan su territorio de manera compacta e interrumpida desde hace siglos, hablan una lengua (véase el mapa 2) y comparten una historia común. Pero aún si demostráramos que todo coincide con la definición clásica culturalista de la etnia, falta un detalle significativo: en el Rincón la propia gente no maneja ningún etnónimo que los identifique y distinga de otras "etnias" vecinas y distantes.⁹ Los pobladores de la Sierra prefieren identificarse con su comunidad de origen y el asunto de pertenencia a una región, cultura, lengua o historia los tiene sin cuidado, exceptuando, tal vez, a los líderes involucrados en los movimientos políticos y sociales, locales o regionales. Los líderes, sin embargo, apenas representan las organizaciones a las que pertenecen y en muy pocas ocasiones logran implementar una agenda de actividades en el nivel regional. No es sólo la falta de un etnónimo sino más bien la falta de actividades que

La etnia es en todo caso una construcción histórica, que surge como un vehículo de supervivencia político secundario, por etapas de identificación, coordinación y centralización en la medida en que haya recursos energéticos para tal propósito, es decir, unos recursos por encima del gasto de supervivencia. Mientras tanto, la

⁸ En el año de 1995 ocurrió un caso de *defacement* en la Sierra. A un hombre de Yagavila lo mataron de noche en plena fiesta patronal en Tanetze y le quitaron la cara (sic); todo esto por acusaciones de brujería. El asunto nunca fue investigado por parte de las autoridades locales, porque "el muerto no era de aquí".

⁹ En la literatura antropológica la definición tal vez más socorrida es la de la etnia como un fenómeno cultural, de un grupo "que comparte un territorio, una lengua, una historia y una cultura" (Viqueira 2002: 404). El autor propone fijarse en las "desfases" entre estos ámbitos y estudiar la "cronotopografía" de las regiones para definir la etnia con criterios más objetivos y no políticos.

conciencia étnica en el Rincón en el nivel regional no sobrepasa el nivel de identificación.

El asunto de la etnia, como en el caso de cualquier proceso de autoorganización, tiene que ver con las fronteras. Las fronteras de un sistema disipativo no son barreras que lo aíslan del mundo, sino interfases de intercambio de energía, materiales e información. Así opera, por ejemplo, la membrana de la célula, la epidermis del organismo, el ecotono del ecosistema y también las fronteras étnicas. A más complejidad, más fronteras compuestas. En los sistemas muy evolucionados estas fronteras son de increíble sofisticación, como es el caso –para dar un ejemplo– del sistema inmunológico de los organismos. En las sociedades humanas las fronteras como clausura operativa están condicionadas por la dinámica energética. Sin embargo, por alguna razón importante las sociedades humanas prefieren no definir sus límites de acuerdo con los criterios energéticos, sino más bien mentales o culturales; esto es, con los criterios que dependen de la información codificada mediante símbolos. Esto no significa que las sociedades puedan vivir de los símbolos o que éstos las liberen de la “penosa dependencia de la naturaleza”. Al contrario, la vuelven manifiesta. Abrir o cerrar las fronteras, he aquí el dilema en cualquier etapa de crecimiento y de desarrollo.

La capacidad organizativa de los pueblos zapotecos es notable, pero la capacidad de organización en sí misma no es suficiente para pasar a un nuevo nivel de integración, que en este caso sería el regional. Además de la organización autogestiva se necesitan los demás insumos, que consisten básicamente en recursos e información.

La lengua compartida y el fondo cultural común tienen la fuerza de convocatoria para aglutinar las comunidades zapotecas del Rincón en cualquier momento. Ahí están para contribuir eventualmente al proceso de identificación, coordinación y centralización, pero para que el proceso se encamine, la condición *sine qua non* es la cantidad de energía disponible para tal propósito. Tal vez, los recursos que se producen en la región sean suficientes, pero el excedente no se sedimenta en la misma, sino que es extraído mediante el intercambio desigual debido a la disparidad de insumo, de la que hablé con anterioridad. A esto se suman los procedimientos administrativos de la burocracia del Estado. Cada vez que alguna comunidad reinicia sus trámites por los linderos, tiene que erogar enormes gastos para sufragar el proceso jurídico.¹⁰ Cada vez que se necesita un acta de

¹⁰ Durante el “sexenio del cambio”, que se inició a partir de las elecciones del año 2000, las autoridades de las comunidades de la Sierra descubrieron en las finanzas municipales el “ramo 32”. Según esto, el municipio debería de pagar a las agencias una cuota anual para los gastos de mantenimiento de la infraestructura. Una organización autóctona de autoridades indígenas, la

matrimonio, de nacimiento, de propiedad o cualquier otra constancia, hay que ir a Ixtlán (seis horas en camión) o a Villa Alta (doce horas a pie) y pagar cuotas y aranceles.¹¹ Cada vez que se compra en la tienda del pueblo un refresco, se paga el impuesto al valor agregado. Si sumamos a esto las condiciones del intercambio desigual en el mercado, el cuadro se completa: se trata de una extracción del excedente muy efectiva.

El sistema político local funciona a partir de los recursos propios, en este caso, los de cada comunidad. Cada ciudadano debe entregar al servicio de la comunidad de cinco a siete años de su vida. A esto se suma el tequio y las contribuciones ocasionales, que corren por cuenta de las familias. La pertenencia a la comunidad, la identidad, se debe no sólo a la residencia o al hecho de haber nacido allí, sino a la participación en el sistema de cargos político religiosos. Se debe, en una palabra, a la *lagetza* y el *guzun*, el principio de reciprocidad, un factor constitutivo de la vida comunitaria. La vida la debemos a las personas que nos rodean, razonan los serranos, la obligación de uno es contribuir a la vida de la comunidad. Definitivamente, la identidad no es un misterioso factor metafísico, que a modo de una esencia fue depositado ahí, sino que se debe a la interacción continua e intensa entre los individuos y, en su caso, entre las comunidades. “La cultura debe practicarse y ejecutarse para que pueda retener alguna continuidad y coherencia” (Adams 1995: 43).

Las comunidades, mal que bien, encajan en el sistema nacional de municipios constitucionales. Es un asunto que puede enfocarse desde la perspectiva de la estructura *coaxial* (véase el Glosario). La familia, los linajes, la asamblea, las autoridades, la comunidad son parte de la estructura tradicional, sustentada por flujos energéticos que se generan al interior del sistema. Por “tradicional” se debe entender aquí un sistema que opera con flujos energéticos activados con el trabajo vivo, el fuego y las herramientas simples. Son las sociedades que en la literatura antropológica suelen calificarse como sociedades de “baja energía”. Las comunidades campesinas de la Sierra entraron, sin embargo, en contacto con la

Organización en Defensa de los Recursos Naturales y Desarrollo Social de la Sierra Juárez (ODRENASIJ), se interesó por el asunto y, mediante todo tipo de presiones, obligó a las autoridades municipales a pagar la cuota a las agencias. Sin embargo, sólo con el cambio del gobierno en el año de 2000 se arregó el asunto. Para Yagavila esto suponía la suma de 70,000 pesos (con el dólar a 9.90 pesos), que recibiría anualmente de ahora en adelante. En el año 2000 la asamblea comunitaria, sin titubear, decidió reemplazar el viejo campanario de piedra, un vejestorio del siglo XIX, por otro moderno, de cemento armado. La prioridad se debió a que la campana sigue siendo un medio de comunicación principal, tanto para los asuntos profanos como los religiosos.

¹¹ El registro de un hijo cuesta \$180.00, el acta de matrimonio \$300.00 (a precio del año 2002). Una familia típica de Yagavila que tiene una hectárea de cafetal y obtiene un ingreso monetario por este concepto de \$2000.00 por año difícilmente puede cumplir con las exigencias del registro civil.

sociedad de “alta energía”. Al introducirse en la región los caminos de autotransporte, la electricidad y la medicina moderna tuvo que reorganizarse también el sistema político local.

En la región y en las regiones adyacentes se dan movimientos políticos de identificación y coordinación, aglutinados ahora en las organizaciones de tipo no gubernamental, las llamadas organizaciones de la sociedad civil. En las décadas de los 80 y 90 el gobierno superior suprimió bruscamente sus políticas asistencialistas. El personal que estuvo al servicio de los proyectos gubernamentales pasó a formar las organizaciones civiles, en las que podría aprovechar su *know how* de intermediario y la información a la que tenía acceso cuando trabajaba en la burocracia gubernamental. Esto coincide con las necesidades de expansión de las mismas comunidades. En ellas también hay cada vez más personas, en especial jóvenes profesionistas, que perciben la necesidad de organizarse en un nivel supracomunitario. Existen ciertos problemas que no se pueden solucionar con los recursos locales en el nivel comunitario. La problemática de los caminos, el transporte público, el abasto de alimentos, las escuelas, la salud pública, los linderos, la explotación maderera, el beneficio y comercialización del café, la electricidad y otros asuntos parecidos, está llamando el interés de los líderes locales. Es así como surge una gran cantidad de organizaciones que se benefician tanto de su propia capacidad organizativa, como de la ayuda externa, conjugando el poder delegado con el asignado. La verdad es que ninguno de estos movimientos logró hasta hora instalarse como representativo de la región, pero todos contribuyen, cada uno a su manera, a la organización del Rincón alrededor de ciertas causas comunes.

En la medida en que desaparecían la SAHOP, la COPLAMAR, la CONASUPO, el INMECAFE, la LICONSA y otras instituciones o proyectos gubernamentales con presencia en la Sierra (exceptuando el INI que la mantuvo y la expandió hasta el año de 2002), surgían las asociaciones civiles y las asociaciones espontáneas de autoridades locales. La Organización en Defensa de los Recursos Naturales y Desarrollo Social de la Sierra Juárez (ODRENASIJ), la Unión Liberal de Ayuntamientos (en la Sierra de Ixtlán), la Asamblea de Autoridades Zapotecas de la Sierra (en la parte de Villa Alta), el Comité Organizador y de Consulta para la Unión de los Pueblos de la Sierra (CODECO), la Cooperativa de Autotransporte de los Pueblos Unidos, el Consejo Indígena Popular de Oaxaca (CIPO), la Asamblea de los Pueblos Mixes, el Comité de Defensa y Desarrollo de los Recursos Naturales, Humanos y Culturales Mixes (CODREMI), la Organización de Productores de Café Orgánico “Michizá”, la Unión de Comunidades Cafetaleras (UCC) y otras

organizaciones más, surgieron en la década de los 80. La Asamblea de Autoridades publicaba en los 80 un periódico mensual llamado "El Topil" y en Guelatao de Juárez se instaló una radioemisora comunitaria, subsidiada por el INI, que transmitía en idiomas zapotecos que se hablan en la región.¹² Al interior de las comunidades se organizaban comités pro camino, de la red eléctrica, de la escuela, del centro de salud y los demás. En algunas comunidades se formaban cooperativas de ahorro, de autotransporte, de beneficio de café. En estos asuntos se suele formar una mesa directiva con su presidente más el comité de vigilancia. Es un patrón que se reproduce (véase el apartado sobre la organización del trabajo) como un rasgo característico de la cultura zapoteca.

Los jóvenes profesionistas oriundos de la Sierra (maestros, abogados, personal de salud, curas), quienes están animando estos movimientos, se inspiran en movimientos de alcance nacional, tales como el Consejo Supremo de Pueblos Indígenas, la Coordinadora Nacional del Plan de Ayala, la Asociación Nacional de Profesionistas Indígenas Bilingües (ANPIBAC), el Movimiento de Unificación y Lucha Triqui (MULT), el Congreso Indígena, el movimiento neozapatista y otros más. Tal vez el más alto nivel de donde proviene el modelo general es el convenio de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), con su definición de los derechos de los pueblos a la autodeterminación. Pero de ahí no viene más insumo que la inspiración y cierta información básica. En ocasiones los organismos internacionales proporcionan alguna que otra beca para los activistas y algún tipo de apoyo puntual para las reuniones, cursos y materiales.

Todos los movimientos mencionados arriba se basan en el poder asignado, el que se consigue desde la base, pero también juegan con el poder delegado. En la dinámica del poder concedido los liderazgos suelen ser reconocidos por la capacidad de cada individuo y el reconocimiento dura mientras dure dicha capacidad. Los gastos corren por cuenta de los interesados, y es la familia campesina la que sostiene las actividades del líder. Se dan casos en que los líderes buscan el poder desde arriba.¹³ Dos diputaciones al Congreso Estatal de Oaxaca fueron ocupadas en la más reciente legislatura por personajes de política local. Sin embargo, la dinámica del poder delegado todavía no tiene mucha influencia en la

¹² En la práctica se necesitaba un locutor por cada comunidad para darse entender, de modo que con el tiempo el uso del español resultó ser el más socorrido.

¹³ Se dan casos en los que perdieron la vida en el intento. En Cacalotepec fue asesinado, en 1992, a machetazos por una comisión de compadres el señor Rosendo Flores, el comerciante local que lideraba la construcción del camino. Fue acusado de desviar fondos y ejecutado según los usos y costumbres. La comunidad le negó un lugar en el campo santo.

vida de las comunidades, al menos no la suficiente como para aglutinarlas en una unidad regional.

A la lista de asociaciones civiles que pululan en la Sierra deben sumarse las asociaciones de profesionistas que desde Oaxaca y desde otros lugares del mundo apoyan "las causas populares" en alguna gestión particular. Este es el caso de SERBO, Grupo Mesófilo y sus patrocinadores internacionales, que se dedican a la investigación de los recursos naturales de la Sierra. Una ONG que destaca por su efectividad y entrega es la de Servicios del Pueblo Mixe "SER", fundada por el maestro Floriberto Díaz a finales de los 80. La SER agrupa abogados y otros profesionistas, todos ellos indígenas que se asumen como tales. La asociación asesora las comunidades en los asuntos de derechos humanos y cuestiones legales, así como proyectos de desarrollo. En algunos lugares surgieron organizaciones religiosas eclesiales de corte progresista, asociaciones de los migrantes, organizaciones de maestros, escoletas de músicos y cosas por el estilo. En el modelo de estructuras coaxiales estas organizaciones se conceptualizan como agencias y firmas. Una intrincada red de transportistas, *coyotes* y acaparadores al por mayor que, junto con los tenderos, se constituye en un poder aparte, como sucede cuando surge alguna causa común. Otro poder que se está instalando en la Sierra es el sistema de salud¹⁴ y el sistema educativo.

Con los vientos de cambio en el nivel nacional a raíz de la primera elección democrática en el país también hicieron su aparición en la Sierra los partidos políticos. El PRI estuvo siempre presente y a su manera: las autoridades locales elegidas "por usos y costumbres" se inscribían automáticamente en las listas nominales del partido. Con las elecciones del 2000 (las elecciones de la "transición mexicana" a la democracia) el PAN pudo obtener votos en algunos pueblos para sus candidatos en el Congreso del Estado de Oaxaca. También el Frente Zapatista goza de cierta simpatía entre la población del Rincón. Las delegaciones de dicho movimiento, el cual se niega a asumir el papel del partido político formal, fueron bien recibidas en su visita en la Sierra en el año de 2000. En tiempos de guerra las comunidades del Rincón mandaban víveres hacia la zona del conflicto.¹⁵

Las autoridades de una comunidad pueden conseguir, "desde arriba", el poder delegado. Cuando eso sucede, la política local entra en una dinámica distinta. Es el

¹⁴ El Centro de Salud de Yagavila, fundado en 1998, amarra sus acciones y apoyos a los programas gubernamentales de Progres, Procampo y Contigo.

¹⁵ En 1998 el ejército mexicano entró en el Rincón Bajo en búsqueda de los "subversivos y agitadores". Cuando se llevaron a un joven que escondía en el rastrojo de su rancho una bolsa con "libros marxistas" la noticia cundió por toda la zona y trascendió hacia la prensa nacional. El gobierno tiene que contar cada vez más con los medios de comunicación masiva.

crecimiento poblacional el que marca el paso: las comunidades con más de mil habitantes ya pueden sostener políticos de tiempo completo y prescindir de la asamblea general del pueblo y del consejo de ancianos. Cuando los líderes locales se hacen de poder delegado pasan a ser "representantes populares" en el sistema partidista electoral o activistas políticos en los foros estatales. Talea es el único pueblo de la región que cuenta con políticos de tiempo completo, los que se sostienen de su oficio atendiendo los asuntos del ayuntamiento. En el pueblo ya no hay más asamblea que para cuestiones meramente informativas y en casos que lo ameritan a criterio de las autoridades. Eso se entiende, porque existe un límite para la cantidad de personas que puedan entenderse en un foro: una asamblea de más de cien participantes ya se maneja con reglas diferentes a las de la democracia campesina de "usos y costumbres". Todo depende, entonces, del tamaño de la población. Esto es así, porque los cambios en la población, siendo los marcadores del flujo energético sustantivo, obligan a un cambio estructural en los reguladores. El cambio en estos últimos es el paso de dominio unitario a dominio múltiple: antes la política se hacía por la vía única de asamblea, autoridades municipales, instituciones estatales y federales, siendo el PRI un aglutinador del proceso. Ahora aparecen grupos y líderes alrededor de diferentes recursos y el partido que hasta hace poco oficiaba como una paraestatal tiene cada vez más dificultades para organizar las elecciones y repartir el pastel.

La viabilidad de la democracia comunitaria, la vigencia de "usos y costumbres" es un tema que se discute mucho en la actualidad. La democracia de las comunidades campesinas depende totalmente del tamaño de la unidad operativa. No tiene sentido proponer un sistema tradicional para los conglomerados que sobrepasan un cierto número de participantes, porque en ellos no funcionan los controles comunitarios. En las "comunidades" de más de mil habitantes el voto a mano alzada es fácilmente vigilado por los caciques. Como resultado las autoridades obedecen a los intereses creados al estilo clientelar en donde "el PRI es cultura". La democracia como el "poder del pueblo" puede manifestarse de muchas maneras, una de ellas es la democracia campesina de pequeñas comunidades, pero otra, bien distinta, es la democracia representativa liberal de los grandes conglomerados humanos. En cada caso todo depende de la naturaleza de las unidades operativas participantes. No hay que confundir los distintos tipos de la democracia a la hora de observar los cambios y proponer las soluciones.

El transporte automotor -accesible para buena parte de la población en las líneas de autobuses- ha sido la principal novedad en la zona.¹⁶ Las distancias se han acortado y el mundo se hizo más pequeño y más complejo a la vez. Las comunidades entraron en contacto con el mundo exterior a través de los nuevos *dominios* (construcciones de poder) descritos arriba como organizaciones de la sociedad civil, partidos y asociaciones. También hay novedades en la relación con el "gobierno superior". Hay más recursos para los municipios y las agencias y más interés por los votos de los campesinos.¹⁷ A través de estas relaciones con el exterior se establecen también nuevas relaciones entre las mismas comunidades. De *dominio unitario*, con un sólo acceso a través de ayuntamientos municipales, pasaron a *dominios múltiples*, con accesos por canales diversos a los servicios gubernamentales, y a *dominios mixtos*, con dos o más niveles de acceso hacia los recursos externos (para la definición de estos conceptos véase Adams [1975] 1983: 86).

El paso de un dominio unitario a un dominio múltiple es uno de los cambios estructurales más importantes de los últimos años en el campo del desarrollo económico y político (Adams 1983: 89). Es lo que sucedió en la Sierra. En los planos económico, político, religioso y demás (educativo, sanitario, laboral) la gente se ve forzada a abandonar los puntos de vista tradicionales para pensar en términos de una realidad que trasciende la problemática local y regional. Los migrantes traen nuevas ideas, en especial las religiosas. Los maestros, los médicos, los curas y los demás promotores del desarrollo predicán verdades contradictorias. Estas confrontaciones, en especial en el plano religioso, suelen ser duras. La globalización no se manifiesta en los pueblos de la Sierra de manera amigable.

A fin de ofrecer un ejemplo que ilustre con más detalle cómo opera un movimiento político local describiré a continuación el proceso de la legalización de los linderos comunales del pueblo de Santa Cruz Yagavila, un proceso en el que intervinieron varias instancias de dominio múltiple.

La propiedad del territorio de la comunidad de Santa Cruz Yagavila está avalada por un documento original que data del año de 1709. La superficie que menciona dicho "título primordial" se extiende desde la orilla del río Tepanzacoalco, sube como una angosta franja de dos kilómetros por la ladera del

¹⁶ La Sociedad Cooperativa de Autotransporte de Pasajeros "Benito Juárez" cobraba en el año 2002 65.00 pesos por un viaje de Zoogocho a Oaxaca. El jornal en la cosecha del café estaba a 20.00 pesos.

¹⁷ En el Estado de Oaxaca se sigue practicando la estrategia de "carro completo" y voto corporativo por parte del PRI, aunque cada vez con más dificultades. La ley permite la modalidad de "usos y costumbres", esto es, la votación pública a mano alzada en las comunidades de origen indígena. A los observadores imparciales y a los partidos de oposición esto les parece una "barbridad política", porque permite a los caciques locales asegurar el voto. En el Rincón no hay caciques tan fuertes, pero el voto se puede comprar con otros recursos (despensas, bolsas de cemento, promesas y amenazas).

río Yagavila, atraviesa la meseta y de ahí traspasa La Cumbre bajando hacia el río Atoyac (véase el mapa 1). Desde la década de los 80, cuando la papelera FAPATUX obtuvo la concesión de extraer la madera en la región, las autoridades del Municipio de Ixtlán de Juárez iniciaron un procedimiento legal para demostrar que la parte del bosque detrás de La Cumbre pertenece al municipio, no a las tierras comunales que administra la Agencia Municipal de Santa Cruz Yagavila. El pueblo de Yagavila opuso recursos legales en contra del alegato e inició una lucha que duró 20 años. "Ahora la revolución se hace con papeles", se decía en el Comisariado de Bienes Comunales. Ixtlán consiguió en el sexenio de López Portillo un decreto presidencial a su favor, contra el cual se amparó Yagavila apelando a la Suprema Corte de Justicia. El veredicto fue a favor de Yagavila. Sin embargo, ninguna instancia gubernamental estaba interesada en implementar la nueva orden. (Los conflictos agrarios que abundan en los estados del sur se deben en buena parte a la ausencia de la autoridad, que puede pensarse deliberada: las instancias gubernamentales agrarias omiten cumplir sus responsabilidades, obedeciendo o dejando actuar a los poderes locales *de facto*.) En la década de los noventa la directiva del Comisariado de Bienes Comunales decidió ensayar nuevas ideas. Por aquél tiempo, en el año de 1992, se dio en el Congreso de la Unión la reforma del artículo 27 de la Constitución. El cambio apuntaba hacia el fortalecimiento de la propiedad privada en la tenencia de la tierra en detrimento de las formas tradicionales de propiedad, de acuerdo con el espíritu neoliberal en boga.

Cuando se pensaba que, a raíz de la reforma constitucional de 1992, la propiedad comunal y el ejido iban a ser remplazados definitivamente por la propiedad privada, los abogados de Servicios Comunitarios Mixes "SER"¹⁸ han encontrado entre los recovecos del reglamento de la reforma que existe la posibilidad de legalizar la propiedad de tierras comunales. El procedimiento duró cinco años. Los gastos corrían por cuenta del comisariado (cuotas y colaboraciones), pero también se contaba con la generosa ayuda del cura párroco y la desinteresada colaboración de los abogados mixes. Desde estas instancias la comunidad recibió el apoyo logístico y financiero, sin el cual la empresa no lograría sus objetivos. La integración del expediente, las asambleas, los viajes y los trámites duraron cinco años. Tres veces tuvo que cambiarse de equipo del comisariado, siendo que los gastos de viajes y reuniones corren por cuenta de los nominados.

¹⁸ Un misionero católico a cargo de la parroquia de Yagavila, el P. Pablo Merne svd, y su ayudante el Hno. Simon Huber svd pusieron en contacto las autoridades locales con la organización de abogados mixes de Oaxaca, Servicios Comunitarios Mixes "SER". Entre los hombres que jugaban el papel decisivo en el proceso destaca Félix Chávez, quien estaba a cargo del Comisariado de Bienes Comunales.

Los trámites en la Secretaría de la Reforma Agraria estaban condicionados a la formalización de acuerdos con los pueblos vecinos. Fue entonces cuando la comunidad, después de discutir el asunto en la asamblea, decidió abandonar sus derechos al monte y ceder la parte de sotavento (véase el diagrama del transecto) al municipio de Ixtlán de Juárez. La Secretaría de la Reforma Agraria no tuvo en sus registros las tierras de Yagavila. Finalmente, en 1998 llegó al pueblo el equipo agrimensor de dicha Secretaría y trazó los linderos de acuerdo con el título de propiedad. El título avala 1400 hectáreas en total. Se necesitaba otro año más para corregir los errores y dos años para escribir los estatutos de los bienes comunales. Una vez avalado el título por el juez de instancia correspondiente el pueblo recibió el documento en el año de 2002. El título fue exhibido en una solemne procesión después de la misa dominical con honores que sólo corresponden al Santo Patrono del pueblo. En el nivel simbólico tanto el Santo Patrono, como la comunidad y su territorio parecen ser lo mismo o equivalentes.

En el mismo tiempo en que se dio el proceso de la regularización del territorio comunal de Yagavila se discutían en el país los Acuerdos de San Andrés. Son unos acuerdos pactados entre el Gobierno y el EZLN en el año de 1996. Los mismos fueron firmados por el gobierno y abandonados inmediatamente por el mismo después de la negociación. Fue un duro golpe a la credibilidad del gobierno. A partir de esta experiencia los líderes y las comunidades indígenas del país quedaron decepcionados. El "gobierno superior" parecía comportarse, una vez más, como el enemigo histórico de las causas indígenas. La misma implementación de un régimen de propiedad privada desde la reforma del artículo 23 de la Constitución parecía, desde la perspectiva local, otro intento de consumir la conquista. Desde la perspectiva de la clase política nacional, en cambio, la defensa del régimen de la propiedad comunal parece un asunto de retrógrados. Es un malentendido descomunal. Existen buenas razones para entender la decisión de la comunidad de cobijarse en el régimen de bienes comunales, entre ellas se trata de razones ecológicas de mucho peso.

El territorio del Rincón es un mosaico de microhábitats a los que se accede a través de un patrón vertical de tenencia de la tierra. Dada la variedad de condiciones ecológicas también el tipo de tenencia de la tierra está diversificado. El régimen de tenencia combina varios tipos de propiedad comunal y propiedad privada. Las barrancas sobre las que prosperan los bosques de coníferas son de propiedad comunal, la cual se administra a instancias de la autoridad local. En la meseta ubicada encima del pueblo se practica la agricultura de roza y quema, en donde toda

parcela es propiedad comunal en un régimen administrado por las autoridades de la Agencia Municipal. Estas áreas, que se destinan a la agricultura, tienen reglas diferentes de las que rigen el monte alto. Todo *pater familias* tiene derecho de cultivar la milpa bajo ciertas condiciones que la comunidad establece. En la franja del ecotono y en la de tierra caliente prevalece la pequeña propiedad privada que se hereda por parentesco. Se puede legar o vender el terreno, pero sólo a los residentes, miembros plenos de la comunidad. También hay allí parcelas de propiedad comunal que la autoridad puede asignar en usufructo a la escuela o a los fines que estime convenientes. Los cafetales y los huertos se manejan en el régimen de propiedad privada.¹⁹ Las normas consuetudinarias prohíben algunas formas de enajenación: la tierra no se puede negociar entre las personas que no cumplen las obligaciones hacia la comunidad. La tierra comunal en usufructo de un particular no se puede empeñar ni legar. Con el nuevo régimen de tierras comunales las normas jurídicas de manejo de los predios fueron puestas por escrito, aunque no todas; así mismo, las normas fueron homologadas para aplicarlas tanto a los predios que antes eran la pequeña propiedad privada, como los que eran de propiedad comunal. Los administra ahora el Comisariado de Bienes Comunales. La homologación de las normas, sin embargo, no afecta el manejo de los predios a partir de la diferenciación de las condiciones ambientales, condiciones que la gente percibe con claridad.

Estas formas de propiedad y las reglas de manejo de la tierra fueron desarrolladas históricamente para atender el principal problema de la agricultura de la Sierra que es el problema de la fertilidad de los suelos. Un "libre" juego que supone la propiedad privada, con el derecho de enajenarla a precio del mercado, no representa ninguna ventaja para el manejo de la agroforestería del Rincón. Tal juego conduciría a la concentración de los recursos en pocas manos, a la sobreexplotación de las tierras más fértiles y de los bosques. Junto con la marginación del sector expropiado se presentaría el peligro de la explotación mercantil de los bosques y la erosión de vastas superficies del suelo. Las condiciones para una agricultura de roza y quema son muy especiales. Los ciclos de cultivo y barbecho exigen que la cantidad de terreno cultivado sea mayor que en el caso de la agricultura permanente.

¹⁹ En el pasado algunos de los propietarios (los "ricos del pueblo") registraron sus predios y pagaban impuestos en las oficinas del Municipio en Ixtlán. Al discutirse el nuevo régimen de propiedad entendieron que sus títulos tendrían la misma validez que cuando pagaban el predial en el municipio, porque es la comunidad la que los avala.

En la Sierra se puede encontrar más de veinte variedades de maíz.²⁰ En concordancia con esto también encontramos una notable variedad de técnicas de cultivo. La tendencia a uniformar el cultivo, en el caso de lograrse, resultaría dañina. Esta tendencia, paralela al esfuerzo de imponer un tipo de propiedad privada en el agro mexicano, es muy notoria en la agricultura moderna. En el año de 2002 apareció en la prensa internacional y nacional la denuncia de que el polen del maíz transgénico está propagando mutaciones en las variedades del maíz criollo en varias regiones agrícolas del estado de Oaxaca. Aunque nadie sepa a ciencia cierta cuáles serían los efectos de la presencia del maíz intervenido genéticamente, lo que debe destacarse es que el Rincón en sí mismo es un laboratorio natural en donde una gran cantidad de variedades criollas de maíz, las de tierra fría, templada y caliente, están en una constante recombinación. Sólo hay una manera de preservar esta biodiversidad: dejar que proceda por sus propios medios. La introducción de "mejoras" con vistas a la productividad concebida en los términos de mercado encierra peligros desconocidos. Dichas mejoras significan el acceso a los flujos energéticos de alta calidad (semilla mejorada, abonos químicos, biocidas), pero exige más horas hombre de trabajo, más insumos de artificiales y provoca más devastación del medio. Esto a la larga crea una dependencia de los insumos del exterior, una dependencia muy fuerte, que puede convertirse en adicción. La adicción es un proceso que exige aumentar la dosis, lo contrario del estado estacionario.

Regreso ahora a la pregunta hasta dónde puede llegar el proceso de coordinación y centralización del poder social en la Sierra. Las unidades domésticas que conforman la comunidad centralizan el poder en la figura del *jefe* o la *jefa*, cuando falta éste. El *jefe*, a su vez, participa en el siguiente nivel del arreglo social, coordinándose con los demás ciudadanos en la Asamblea del Pueblo. Con esto las familias ceden parte de su libertad en aras del bien común (en los términos de la termodinámica minimizan su producción de entropía específica por unidad de estructura mantenida). En el nivel de la comunidad el sistema de cargos es el más elaborado como la base para la coordinación. En los pueblos que logran cruzar cierto umbral de población puede observarse el paso de la "comunidad corporada" hacia el ayuntamiento, esto es, una entidad política que está bajo el control de los políticos profesionales de tiempo completo y los caciques regionales, quienes dependen cada vez más del poder delegado desde arriba. La Asamblea deja de ser operativa, el Consejo de Ancianos se desdibuja y los cargos se

²⁰ Compárese esta cantidad con la de seis variedades que se cultivan en todo Estados Unidos, según Coox y Atkins (1996).

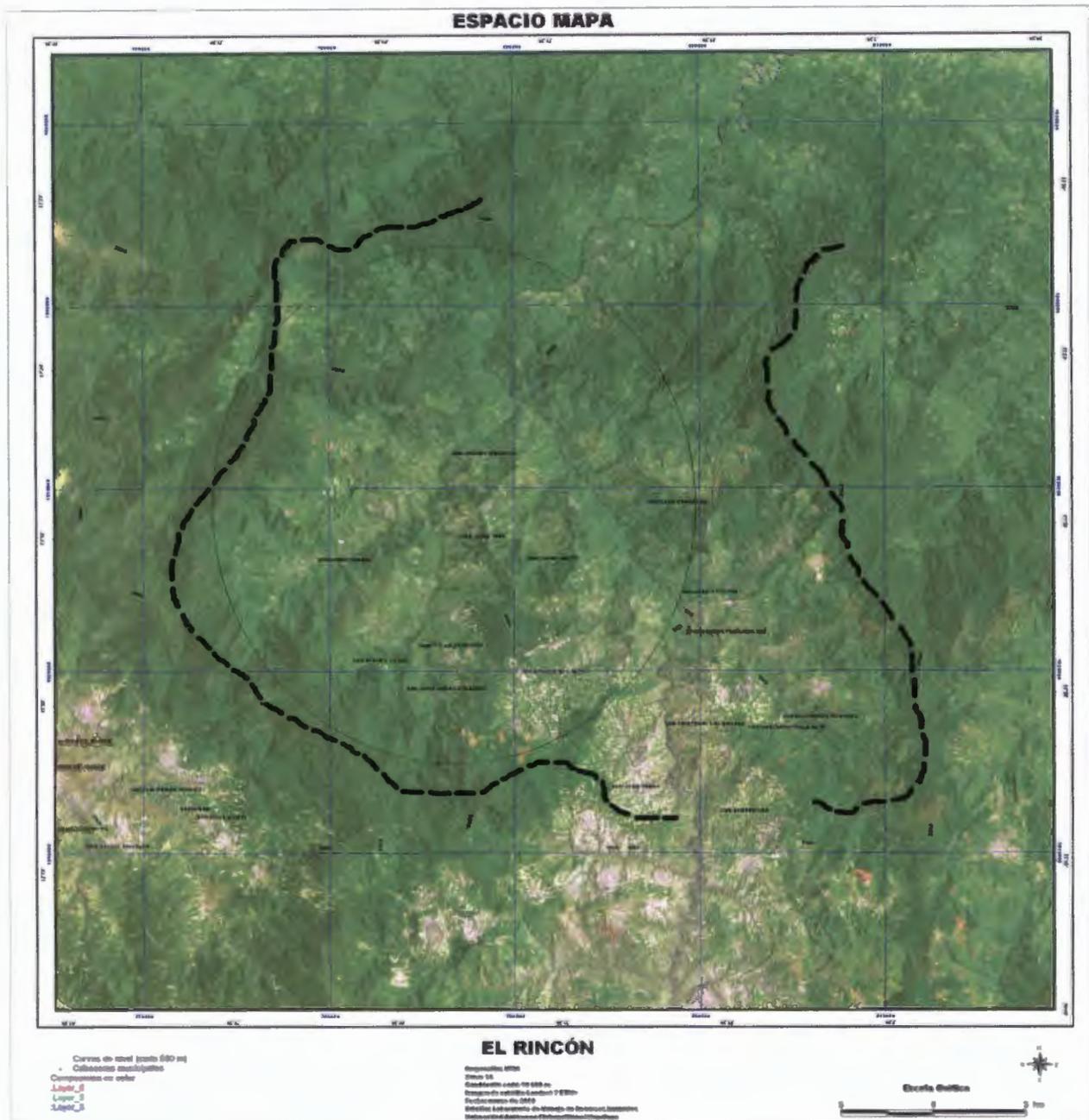
separan entre los religiosos y los estrictamente políticos. También se desvirtúa el "sistema de usos y costumbres". Mientras que en una comunidad pequeña los controles son difusos y socializados, en una comunidad que sobrepasa el umbral poblacional estos controles se vuelven botín de los caciques. Piénsese, por ejemplo, en la costumbre de votar a mano alzada: en las circunstancias en las que todo el mundo es visto es posible manipular el voto y todo lo que implica. En la discusión que se da alrededor del sistema de usos y costumbres debería tomarse en cuenta el tipo de comunidad del que se está hablando a partir del insumo energético.

El insumo energético para sostener el sistema municipal nuevo proviene en parte del interior (monocultivos comerciales, explotación del bosque, empresas comerciales, manejo de mano de obra asalariada) y, en parte, desde afuera (poder delegado de los políticos, control de obras públicas del Estado, monopolios del mercado y acceso diferenciado al sistema legal). La variable poblacional es un indicador que marca la diferencia: las comunidades que sobrepasan 1,500 habitantes dan el salto hacia el *dominio múltiple* en el que entra en juego la dialéctica del poder asignado de la comunidad y el delegado desde la esfera del Estado.

El Rincón cuenta en actualidad (de 2000 a 2004) con dos diputaciones para el Congreso Estatal de Oaxaca, una de Talea y otra de Yagila. En estos casos suele suceder que los cafecultores, los comerciantes y los transportistas se alinean con el sistema político de acuerdo a la fórmula clientelar y dan batalla contra todo lo que opera con el poder asignado "desde abajo", ya sean cooperativas, organizaciones autóctonas o movimientos de tintes étnicos. Esta es la razón por la cual la Sierra Zapoteca del Rincón no puede organizarse en un conjunto operante en el nivel regional. ¿Será porque las comunidades no son suficientemente solventes como para dar el salto hacia coordinación y centralización regional o será porque el sistema envolvente extrae todo excedente por la vía de disparidad de insumo?

Los promotores del progreso sostienen que las comunidades deben conservar lo bueno del régimen tradicional y apoderarse de lo mejor de la modernidad, como si tal cosa fuera posible. La democracia participativa de las comunidades campesinas se sostiene con base en la economía de las unidades domésticas. Una economía de este tamaño no puede solventar los gastos de un ayuntamiento con instituciones especializadas. Para sostenerlas se necesitan burócratas y políticos de tiempo completo, quienes no representan precisamente "lo mejor de la modernidad", y quienes se encargan invariablemente de eliminar "lo bueno del régimen tradicional", que son los controles comunitarios ejercidos a partir del poder asignado.

Mapa 7: El Rincón. Áreas cubiertas de vegetación natural y milpas



Fuente: Foto de satélite INEGI 1996

Un área agrícola erosionado aparece al sur de Talea. Las demás comunidades mantienen (en conjunto) una proporción de 15% de milpa y el 80% de suelos cubiertos con la vegetación natural.

7.7 Recapitulación: autonomía y sustentabilidad

A continuación presento un resumen de los procesos energéticos desde la perspectiva del modelo *trigger/flow*, tal como se aplicó a los datos recabados en la región estudiada. El territorio de cada comunidad es un conjunto de microhábitats que se repartieron históricamente entre todas las comunidades de la región por pisos ecológicos. Cada comunidad rinconera está situada en el ecotono y tiene acceso a los pisos ecológicos típicos de la región de "tierra caliente" y "tierra fría" (véase el mapa 2). La agroforestería que practican las comunidades está orientada hacia el sostenimiento de la fertilidad de los suelos y de las demás poblaciones de plantas y animales, incluida la humana, que son los sistemas reproductivos que interactúan en el marco del ecosistema local. La comunidad campesina como entidad de autorreproducción social canaliza casi todo el excedente hacia la regulación interna, resguardando un fondo político y ceremonial para tal propósito. El principio de "oportunidades iguales para todos y los frutos a quien los haya trabajado" es una regla elemental de la vida comunitaria. La tradición oral, accesible para todos los miembros de la comunidad, ampara este principio. La paridad de insumos a lo largo de la cadena productiva permitía en el pasado mantener un estado estacionario que se manifestaba en una población más o menos constante, fluctuante alrededor de un valor, el cual estaba de acuerdo con la tecnología disponible y con el nivel de integración entre las comunidades de la región. Las comunidades podían escindirse y reubicarse cuando tuvieran que encarar el problema de exceso de población; en la actualidad, es la migración la que ayuda las comunidades a mantener el tamaño óptimo. El problema consiste en que este factor queda fuera del control local.

El patrón que se manifiesta en la cultura zapoteca serrana en el nivel de la comunidad (definida esta como un vehículo de supervivencia en proceso de coordinación) es el de la "reciprocidad generalizada", que en el zapoteco del Rincón se dice *guzun*. (En Oaxaca se lo conoce como *guelaguetza* y en las comunidades castellanizadas de otras comarcas campesinas del país, como "mano vuelta".) El *guzun* es el "alma" de la comunidad; constituye la matriz cultural de los procesos de intercambio y supervivencia. El *guzun* consiste en relaciones cotidianas de cooperación y -también- de competencia entre las unidades operativas, tanto las primarias como las secundarias.²¹ El patrón se reproduce en la cooperación entre individuos, familias y

²¹ El término de "reciprocidad generalizada" es de Sahlins (1977); Schneider (citado en Ortner 1984) acuñó el término de "extensa solidaridad duradera" para describir la distribución e intercambio en el ámbito de las sociedades de constitución simple. La idea podría rastrearse hasta el concepto del don como el *hecho social total* que han elaborado Durkheim y Mauss en la sociología francesa. Estos conceptos

parentelas; también en la esfera pública en fenómenos tales como el trabajo mancomunado, el tequio, la administración de los recursos de uso compartido y en otras actividades. En la esfera de lo sagrado la reciprocidad entre la comunidad y su Santo Patrono es una sublimación simbólica del modelo de intercambio social. Al mismo patrón obedece también el surgimiento en los últimos tiempos de las variopintas organizaciones autóctonas (como las descritas en el apartado anterior) y de las agencias, tales como las cooperativas, las organizaciones de autoridades locales, los partidos políticos, las comunidades religiosas evangélicas, las asociaciones de padres de familia o comités escolares, los clubes deportivos y otros parecidos, todos ellos vehículos de supervivencia coaxiales.

No pretendo afirmar que la gente de la Sierra tenga alguna propensión especial hacia la participación comunitaria (habría suficientes ejemplos para demostrar lo contrario), sino que estoy tratando de describir de la manera más concisa posible un patrón social de comportamiento, y averiguar en qué condiciones funciona y en cuáles no. Una de estas condiciones es general, la describe la energética del estado estacionario, y la otra se debe a las particularidades del caso. Adams (1983: 229) sugiere que, por una parte, debemos analizar *el desempeño energético de una forma* y, por la otra, *la coherencia entre ese desempeño y una determinada imagen mental o cultural de dicha forma*.

A partir del material empírico presentado se puede concluir que la condición para que funcione el patrón de reciprocidad generalizada es la *paridad de insumo*. Dicha paridad consiste en el empleo de un mismo tipo de energía (el trabajo vivo en el caso de la región estudiada) en todos los detonadores que aparecen a lo largo de toda la cadena de producción, intercambio y consumo. La energía que interviene en el proceso económico como *trigger* es de la misma calidad en todos los casos. Todo lo que el campesino produce, también lo transporta y consume por sus propios medios, empleando sólo las calorías que produce su propio cuerpo y el de los animales que lo ayudan. En condiciones de equivalencia de insumo todo el mundo participa en el mismo juego sin ninguna ventaja especial: todos tienen acceso a la misma información sobre el estado del sistema, la misma cantidad de mano de obra y la correspondiente cantidad de recursos a su disposición. La equivalencia de insumos y la reciprocidad son en cierto sentido sinónimos.

suelen tacharse de pura ideología y, por supuesto que lo son, pero, como observa Sherry Ortner (1984: 62), un modelo adecuado debe incluir la ideología como parte de un patrón sistémico. La ideología son los procesos de identificación. El enfoque energético permite extender la reciprocidad hacia las relaciones con el medio.

Sin embargo, existe también una condición específica para que este esquema funcione: que la cantidad de personas involucradas no rebase cierto límite. Esta limitante se debe a la peculiar manera de procesar la información por medios humanos: sólo una cantidad limitada de gente puede comunicarse y entenderse sobre la base del conocimiento mutuo y confianza. Este límite, calculado *grosso modo* en el caso de la Sierra, sería de alrededor de 500 individuos por comunidad. En una comunidad de este tamaño la asamblea es de alrededor de 100 personas, que es un tamaño óptimo para la comunicación. En un grupo grande, digamos mayor de 500 individuos, la asamblea queda rebasada por los problemas, las personas ya no pueden comunicarse con eficacia, cuando la única vía es la comunicación oral. Por decirlo de otro modo, los controles sociales compartidos comunitariamente no resisten un flujo extra sin desintegrarse como unidad de coordinación. Los controles que ejerce la comunidad tradicional operan a modo de "mecanismos autocatalíticos" culturales y están repartidos entre sistemas tales como el parentesco, el sistema de cargos, las mayordomías y la administración de bienes comunales. La función de estos controles y de sus códigos consiste en permitir la sincronización de los ciclos de intercambios energéticos naturales, económicos y sociales.

Las organizaciones sociales nuevas que quieran integrarse al sistema comunitario tienen que ajustarse a este repertorio de "solidaridad extensa", un repertorio de costumbres típico de una comunidad en la que prevalecen relaciones *cara a cara*. Así surgen las mesas directivas y todo tipo de comités.²² La vida social de la comunidad campesina es densa; los labores de cada día se intercalan con asambleas agotadoras, prolongadas reuniones de trabajo, fiestas y todo tipo de rituales. En las relaciones cotidianas se practica mucho el chisme, la envidia, la brujería y las artes de adivinación, todo lo cual aglutina la comunidad en un conglomerado de confrontaciones que resultan imposibles de eludir. "Pueblo chico, infierno grande", dice el saber popular.

Antes de concebirse como parte de una sociedad nacional, las comunidades rinconeras forman parte de un ecosistema regional. Su acendrado localismo es un aspecto de esa adaptación específica. Las comunidades se aferran a su terruño porque su supervivencia cotidiana depende de ello, en particular, del buen funcionamiento del ecosistema. ¿Cómo saben que su sistema funciona bien, mal o regular? Esta es una buena pregunta.

²² En las comunidades dotadas de servicios (electricidad, telefonía, caminos) aparecen con celeridad increíble los medios electrónicos de comunicación, tales como la telefonía de microondas y el Internet, que se utilizan principalmente en la comunicación entre los migrantes y los residentes en el pueblo.

El patrón evolutivo de eficiencia entrópica en un medio determinado puede examinarse a partir de ciertos indicadores. Los campesinos, quienes hacen su propia investigación al respecto, toman sus decisiones de acuerdo con la información obtenida, como se ha visto en el apartado sobre el mercado. En el pasado todo habitante de la comarca, como participante directo, tenía acceso a estos indicadores en el mercado regional, en el así llamado "sistema solar" de plazas. El resultado global, en todo caso estocástico, del conjunto de las decisiones individuales fue de alguna manera autorregulador. La población de la región se mantenía en un rango constante y tenía la capacidad de recuperación cuando sufría algún revés.

Me parece que el ejemplo del Rincón ilustra bien la condición de sistema abierto/cerrado (por oposición al aislado) como una entidad evolutiva. La agricultura de la región no depende solamente de la energía solar, sino también de los ciclos de agua, de los ciclos de nutrientes y de una gran cantidad de sistemas autorreproductivos que interactúan en el marco de un sistema local. No todos estos ciclos se pueden abrir y cerrar a voluntad. La humedad que proviene de los vientos monzónicos del Golfo no podría ser retenida si no fuera por los bosques. Los campos de cultivo sólo se pueden cultivar en cierta proporción con la vegetación natural, por encima de la cual el sistema dejaría de ser sustentable. Se puede mejorar la productividad con abonos artificiales y biocidas, pero no existe tecnología alternativa para la mayoría de los trabajos que la naturaleza realiza hasta ahora puntualmente. Un sistema es *sustentable* cuando puede mantener la proporción constante entre la producción y el mantenimiento, entre el flujo sustantivo y su flujo detonador/inhibidor, esto es, mientras puede sostener una proporción ventajosa entre la energía procesada y la estructura mantenida.

Una manera de enfocar el papel de la energía en la evolución de los sistemas dinámicos complejos consiste en estudiar la proporción entre el flujo sustantivo y el flujo regulador (Adams 1983). La proporción entre esos flujos refleja la eficiencia entrópica que hace viable el sistema. Un sistema que gasta más energía en obtener baja entropía que la que necesita para su funcionamiento, se vacía con el tiempo. (Esto es lo que sucede, creo, con la civilización de la máquina.) En el caso de los sistemas sociales, observa Adams (1983: 129), "se desconoce qué relaciones regulares pueda haber entre la cantidad de energía liberada y la cantidad utilizada para accionar los reguladores". He tratado de dilucidar esta cuestión en el caso del agroecosistema que elegí para mi estudio.

Para la agroforestería del Rincón -que es el tipo de agricultura que se practica en la región-, he calculado el estado estacionario en el rango de 15% de suelos

descubiertos para el cultivo y 85% de suelos cubiertos con vegetación natural. Estos porcentajes pueden fluctuar de un lugar a otro en la Sierra, pero no demasiado. El dato es demostrable con las fotografías aéreas de la cuenca del río Juquila-Cajonos (que no se anexan al presente trabajo por cuestiones técnicas).

El dato de 85 por 15% se refiere a la condición de sustentabilidad del sistema en cuestión. Ahora bien, cuando se habla de sustentabilidad en cuanto un determinado nivel de producción y consumo, siempre debe de tomarse en cuenta el tiempo. Es necesario responder la pregunta para cuánta gente y por cuánto tiempo se puede mantener dicho nivel. El argumento de la sustentabilidad carece de sentido si no se toma en cuenta el tamaño de la población. La pregunta por la sustentabilidad es una pregunta por el tiempo, en virtud del "apuro entrópico" al que están sometidos todos los sistemas, sean simples o complejos, de "baja energía" o de "alta energía".

En la agricultura del Rincón prevalece la tecnología tradicional, la de la milpa de roza y quema de barbecho largo basada en los policultivos. Este tipo de barbecho consiste en permitir el retorno del bosque. Los cañaverales, cafetales y huertos son formas de barbecho productivo, en el sentido de que, del mismo modo que el bosque, protegen los suelos de los elementos (el sol, la lluvia, el viento, el fuego). Una intervención intensiva (el monocultivo, la ganadería, la explotación forestal, el incendio) no es practicable en la región. No hay que olvidar que los suelos de la Sierra son someros, muy inclinados y expuestos a la erosión, todo lo cual los hace sumamente vulnerables.

Los mecanismos de regulación que aseguran una adecuada proporción entre los cultivos y la vegetación natural son múltiples. Fueron descritos como el reparto del territorio por pisos ecológicos, el ritual del trabajo, la administración comunitaria de los bienes, la redistribución en el mercado regional y la capacidad de organización propia de la cultura zapoteca, cuyo modelo elemental es el *guzun*. Ahora bien, desde que la región fue intervenida por los flujos de la economía de combustible fósil, algunos de estos detonadores o mecanismos de regulación dejaron de funcionar y otros se redefinieron; todo lo cual implica un reacomodo en el nivel de la organización social. El sistema entró en una fase de fluctuaciones debida a la sobrerreproducción malthusiana, que rebasó los recursos locales disponibles. Ello se debe a la desaparición de los controles (los "cheks" de Malthus) locales, tales como la baja natalidad, la mortalidad alta, las enfermedades contagiosas y las hambrunas. Gracias a medicina moderna, entre otras cosas, los indicadores demográficos subieron (la cantidad de hijos por mujer, la esperanza de vida y la presión sobre los recursos). A esto le acompañaba la expansión del cultivo de café. Sin embargo, el

mercado de café no cumplió las expectativas y desde hace una década está deprimido, al borde de la inanición. La migración hacia las grandes ciudades y hacia el norte ofrece una válvula de escape en el sentido en que las comunidades pueden sostener su población alrededor de un tamaño viable.

El patrón del estado estacionario funcionaba en la región a su manera hasta que el contacto con la moderna civilización de la máquina trajo consigo insumos energéticos dispares. Desde hace dos décadas las comunidades de la Sierra Zapoteca operan en el contexto de la sociedad de "alta energía", con lo cual su desempeño energético basado en el tamaño económico óptimo ha entrado en una fase de desajustes, eufemísticamente llamada el "desarrollo".

He argumentado que en la discusión sobre la sustentabilidad y la autonomía convendría distinguir entre las fases de crecimiento y desarrollo. La alternancia entre la reproducción simple y la ampliada es el patrón evolutivo general que se observa en los sistemas disipativos complejos. Como se ha dicho, la pregunta por los límites del crecimiento puede responderse con relativa facilidad. En cambio, la pregunta por los límites del desarrollo, no. El desarrollo es una etapa de fluctuaciones e incertidumbre, una fase de endeudamiento con el medio y con la sociedad mayor. Esta fase se manifiesta en el aumento en la productividad y el consumo *per capita*. Este aumento sucedió en las últimas tres décadas en la Sierra a partir de la medicina moderna, el transporte, los cultivos comerciales, la electricidad y la dieta de alimentos chatarra. El aumento de población obedece entonces a un subsidio energético externo.²³ Con esto se acabó la posibilidad de sostener el estado estacionario a partir de los recursos internos de la región.

Toda expansión, incluso la que se basa en la tecnología tradicional, tiene que enfrentar tarde o temprano sus propios límites, que son los del estado estacionario.²⁴ Las condiciones para el estado estacionario son los de paridad de insumo energético y procesamiento de información democrático. A estas condiciones se suman las de la "clausura operativa" (Maturana y Varela 1997). Dicha clausura o autonomía se establece a partir de un conjunto de fronteras energéticas de los propios procesos energéticos involucrados. Un sistema basado en mecanismos reguladores [*triggers*] accionados con trabajo vivo, como es el caso de las llamadas sociedades de "baja

²³ Este elemento debería tomarse en cuenta en la propuesta de Leslie White de medir la evolución social a partir del indicador de consumo energético *per capita* al año.

²⁴ Las estructuras disipativas tienen la característica que Blackburn (1973) define como "limitación del costo de transportación de biomasa" o también "limitación cinética del crecimiento". Las estructuras disipativas son «totalidades» cuyas dimensiones y estado estable muestran una relación tamaño/volumen (Prigogine, Allen y Herman 1977).

energía”, puede alcanzar condiciones de autonomía o aislamiento, y operar en un estado “fluctuante *cuasi* estable” sólo cuando no está perturbado por un flujo demás.

En el pasado, las comunidades del Rincón funcionaban sin poder evadir los controles locales. La debacle que significó la Conquista perturbó el sistema. Sin embargo, la población se recuperó en un lapso de 200 años. La capacidad que tiene un sistema de regresar al estado estacionario después de una perturbación indica la presencia de mecanismos de regulación. He intentado reconstruir el funcionamiento de estos mecanismos en el nivel regional, en el que la interconexión entre las aldeas a través del sistema regional de mercados plaza aseguraba la “clausura operativa” y la autonomía del sistema.

A partir de la introducción de caminos de autotransporte en los tiempos modernos —una empresa en la que las comunidades colaboran con entusiasmo—, sobrevino un desajuste, una etapa de fluctuaciones impredecibles. El Rincón perdió sus controles regionales y, con ellos, la capacidad de organizarse como región, municipio, etnia o cualquier otra cosa. El hecho es que la región como un todo perdió su capacidad de autorregulación y, *de facto*, su autonomía.

La pregunta que me formulé al abordar el estudio de caso fue qué sucede cuando a un sistema tradicional lo intervienen flujos de “alta energía”. ¿Evolucionará el sistema hacia un nuevo estado estacionario? Nada lo obliga a seguir esta dirección; sin embargo, pueden darse nuevamente las condiciones para que lo haga. Hamilton puntualiza que un sistema pasa a ser parte de un arreglo mayor, como “bloque de construcción”, cuando llega a ser un sistema termodinámicamente maduro. Para que esto suceda en la Sierra debería darse un nuevo tipo de clausura operativa regional. Para que haya una comunicación y una sinergia (relación íntima) entre las comunidades de la zona se necesita que la red de caminos locales de autotransporte cierre todos los circuitos locales y se reactive el sistema de mercados regional basado en el consumo interno. Una interrelación económica entre las aldeas constituiría un paso hacia la coordinación interna, y una importante ventaja para que la región se integrara a la sociedad nacional en buenas condiciones. Sin embargo, las comunidades no están constituidas en un conjunto operativo suprarregional, tal como lo estaban en el pasado; por el contrario, cada una enfrenta los problemas por su cuenta y riesgo.

Las comunidades campesinas de la Sierra Zapoteca del Rincón son comunidades maduras en tanto *partes de un ecosistema regional*. La agroforestería que practican no representa una amenaza para el medio, al menos no hasta ahora. La eficiencia entrópica del sistema está relacionada con un determinado nivel de población, asunto que he tratado de esclarecer en la parte demográfica del presente estudio. La

cafeticultura pudo haber provocado en su tiempo una serie de problemas ambientales (principalmente debido a la alelopatía del cafeto), pero su expansión fue detenida por la crisis de la sobreproducción mundial de café. En estos momentos, los cafetales coexisten con el bosque mesófilo. Muchos de ellos se abandonaron, otros se manejan con la certificación de producción orgánica. (De los 120 productores de café en Yagavila 46 producen café orgánico.) Aunque la producción de café dejó de ser el “motor del progreso” en la Sierra, la población siguió creciendo debido a otros factores exógenos ya enumerados.

La “civilización de la máquina”, con sus flujos de energía más potentes aunque menos eficientes, está desarticulando las comunidades de la región. Actualmente el sistema está en contacto directo con la economía del combustible fósil, y con ello ha entrado en una dinámica evolutiva la “granja mundial” de la agroindustria. La simetría entre el flujo sustancial y los flujos detonadores se rompió debido a la introducción del transporte automotor, la electricidad, los agroquímicos y los monocultivos comerciales. Últimamente aparecieron en la Sierra las razas de maíz genéticamente intervenidas, sin que nadie sepa a ciencia cierta qué efectos tendrá esto sobre las variedades locales. Otros flujos, que se manifiestan en tales productos como la ropa producida industrialmente, el nixtamal de los molinos eléctricos, los alimentos enlatados, los detergentes, las herramientas y utensilios de metal y los plásticos permiten transferir el tiempo de trabajo socialmente necesario (para la supervivencia) a otras áreas productivas. En el terreno económico la transferencia del tiempo de trabajo se da mediante la amplia y progresiva monetarización del sistema, bien descrita con el modelo de M-D-M (Palerm 1981). El Rincón se ha integrado al “desarrollo”, pero no como un área de uso territorial especializado, sino como un conglomerado de comunidades desarticuladas e indefensas, intervenidas por detonadores que están fuera del control local.

Con todo, la indefensión de las comunidades no es absoluta. Como todo conjunto vivo, o un vehículo de supervivencia compuesto por sistemas disipativos distintos, las comunidades tratan de ajustarse a las nuevas condiciones y amortiguar la influencia exterior. Como sistemas sociales constan de elementos desmontables, de partes que se pueden quitar o desagregar, incluso sin perder su individualidad. Las comunidades están luchando para defender en lo posible su estilo de vida. Es éste un estilo de vida sencillo, que integra a las personas en una colectividad de relaciones intensas. La “comunalidad”, que se valora por encima de todo, consume todo el excedente disponible sin que quede mucho para otros fines.

8 Conclusiones

En el lenguaje de uso común, *evolución* quiere decir cambio orientado hacia el progreso. El “progreso”, sin embargo, es una idea que tiene connotaciones metafísicas; no es posible discutir su pertinencia más que en el ámbito de las creencias. En la medida en que el concepto de progreso soslaya el papel de la entropía en los procesos vitales, económicos y políticos se lo puede tachar de irracional. A la naturaleza no hay que pedirle más de lo que puede dar desde una determinada racionalidad. La ecológica, por ejemplo. Una racionalidad ecológica, en tanto modelo mental, tiene que tomar en cuenta las propiedades físicas del universo. En física, la evolución se define como “historia de un sistema que experimenta cambios irreversibles” (Lotka 1925: 24). *Irreversibilidad* es el principio que rige los flujos de energía. La termodinámica precisa que el proceso evolutivo consiste en la conducción de la energía a través de estructuras de no equilibrio. Falta todavía una teoría unificada capaz de incluir la información (Wagensberg 1998: 22), pero los avances que se han dado en esa dirección (la teoría de sistemas, la cibernética, el concepto de autopoiesis, etcétera) proporcionan elementos suficientes para definir la evolución en términos que pueden compartir las ciencias naturales y las sociales.

La evolución es uno de tantos procesos entrópicos que hay en la naturaleza, un proceso de *disipación controlada*. La disipación se produce espontáneamente en todas partes, pero en el régimen de no equilibrio crea estructuras complejas, estructuras capaces de contrarrestar la entropía, aunque fuera temporal y localmente. No la revierten, sólo la contrarrestan mientras haya un excedente de energía de alta calidad para tal proceso. La compensación de la entropía es lo que imprime la dinámica evolutiva de los sistemas disipativos: la construcción sólo puede ocurrir sobre la base de la destrucción.

La evolución consiste en una serie de procesos estocásticos entrelazados, esto es, se da como resultado de la interconexión entre los procesos físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales, en los que participan las estructuras disipativas, las que se tornan cada vez más variadas y activas.

En biología, la definición universalmente aceptada de evolución es la de “descendencia con modificaciones” a partir del “origen común de las especies”, tal como la formuló Charles Darwin. En este sentido, la evolución es un proceso de cambio pautado cuyo mecanismo promotor es la variación/selección. Ese mecanismo

puede extenderse a todos los sistemas complejos en general, que son los que procesan energía, materiales e información. Este rodeo epistemológico permite retomar el discurso evolutivo desde la lógica de las leyes de la termodinámica. Boltzmann propuso entender la evolución como la disputa por la baja entropía.

La segunda ley de la termodinámica actúa en todo instante promoviendo una asimetría entre el equilibrio (termodinámico) y la complejidad. Existen lugares del Cosmos en donde las condiciones de frontera lo permiten, como es el caso de la biosfera terrestre. La uniformidad y la diversidad de las formas de vida se explica, entonces, como un despliegue de estructuras disipativas autorreplicantes. A las leyes naturales de carácter universal y atemporal se suman las reglas locales, contextuales e históricas de la autoorganización. Este enfoque permite definir la evolución en ciencias sociales como la autoorganización de los *vehículos de supervivencia*. La cultura como una nueva dimensión del ambiente permite incluir más y más estructuras en el proceso de reproducción de la sociedad y da lugar a un espectro interminable de asociaciones de formas energéticas, promoviendo así la proliferación de sistemas cada vez más variados y más complejos.

La evolución es una sola porque las unidades evolutivas conservan en todo momento su naturaleza física de sistemas disipativos, independientemente del nivel en que se ubiquen, que puede ser fisicoquímico, biológico o social. Así definido, el proceso evolutivo va de la mano con el principio de Lotka, que predice la integración de más energía en los ciclos vitales. El principio prevé también una limitante, que es la disponibilidad de energía. La contraparte informática del mismo principio (a saber, que todo flujo energético transporta información) indica que el límite último para cualquier cambio evolutivo es el límite de la *complejidad*. La complejidad es una manera de existir entre el orden y el caos, entre el determinismo y la incertidumbre. Los sistemas complejos viven lejos de equilibrio y la complejidad es una medida de esa distancia. Ahora bien, el problema consiste, como constata Prigogine (1983), en que los límites precisos de la complejidad son desconocidos para la ciencia. Tal vez se trate de una dificultad objetiva de trazar con precisión las fronteras de un sistema abierto. Si el ser vivo más pequeño es de una complejidad gigantesca, la complejidad de las asociaciones de los seres vivos y de la biosfera misma es inconmensurable: el afán de describir un sistema complejo en todos sus detalles es tarea que se antoja infinita. En particular, ¿habrá alguna manera de medir la complejidad de los arreglos sociales?

La pregunta es importante, porque el único consenso que existe respecto de la dirección de los procesos evolutivos se da alrededor del aumento en la complejidad.

El problema consiste en que un exceso de la misma acarrea peligros para la supervivencia del sistema. Aunque la evolución en sí no tiene prescrito objetivo alguno, ni nada confirma la grandiosa idea del ascenso en la *scala naturae*, la entropía imprime *de facto* una direccionalidad al proceso, la de la eficiencia entrópica. Este argumento no es evidente en sí mismo y exige un arduo desarrollo teórico.

Los procesos naturales son irreversibles. Una vez usada, la energía no se puede reciclar. Un sistema que quiera seguir operando debe compensar en sus intercambios con el medio las pérdidas irrevocables que sufre a manos de la entropía. La compensación se consigue sosteniendo un estado de no equilibrio que distingue al sistema del entorno. Un sistema termodinámicamente abierto bien puede permanecer en un estado estable, fluctuante, oscilante, inestable y hasta caótico. Puede permanecer en cualquiera de estos estados por algún tiempo, antes de confundirse definitivamente con el medio. Estos estados en la teoría de sistemas se llaman *atractores*. El sistema se comporta como si estuviera "atraído" hacia algún estado en especial, siendo el clímax homeostático uno entre ellos. Entre una cantidad variada de estados operativos posibles los ecosistemas incluso pueden cambiar de uno a otro. La noción de estados alternativos es conocida en ecología (Kay 1999, nota 15). En ciencias sociales, sin embargo, no tenemos una tipología basada en criterios energéticos para dichos estados.

Si bien el estado estacionario representa ciertas ventajas a largo plazo, tampoco se deben desestimar los estados inestables, porque son precisamente estos los plantean la exigencia del cambio adaptativo. En ciertas circunstancias, poco frecuentes por cierto, el sistema puede abrirse a nuevas fuentes energéticas, esto es, asociarse con otras formas para reiniciar la búsqueda de un nuevo estado estacionario, cada vez más lejos del estado de equilibrio. Los sistemas adaptativos son buscadores de pautas. Aún así, no existen estrategias evolutivamente estables, porque la evolución consiste en trascender los imprevistos. La evolución es la apertura hacia el porvenir, que sigue un trazado impredecible, abriéndose el camino en medio del determinismo de las leyes, por un lado, y las oportunidades que ofrecen las fluctuaciones, los retardos, las perturbaciones, las resonancias, por el otro. La evolución es, pues, una idea contradictoria en más de un sentido (véase el apartado 5.5); al desarrollar complejidades crecientes, parece más bien una maquinaria para producir contradicciones antes de solucionarlas.

El alcance de la "ciencia de la complejidad" todavía está por conocerse. Es posible que las mismas leyes de la naturaleza sean producto de la evolución y no un

reflejo de la estructura atemporal del universo, si es que existe tal estructura. En lugar de formular certezas, dice Prigogine (1995), habría que considerar ahora nuestras certidumbres como una expresión de posibilidades. No hace falta insistir que éste ha sido siempre el caso de las humanidades y las ciencias sociales.

La termodinámica de sistemas abiertos permite enfocar el concepto de evolución con cierto rigor, e identificar con más claridad las ambigüedades del discurso evolucionista (véase el apartado *Cabos sueltos* al final del capítulo 4). En tiempos de Darwin pasó inadvertido el hecho de que los procesos naturales son procesos entrópicos. La hipótesis central de la termodinámica de no equilibrio es que un sistema abierto evoluciona hacia el estado de máxima entropía que permiten las ligaduras del entorno y –al mismo tiempo– hacia el estado de mínima producción de entropía por unidad de estructura mantenida, que es el estado estacionario.¹

El recurso a la termodinámica permite definir la entidad evolutiva en un nivel elemental, el de la *forma energética*. Una forma energética es energía más información. Un conjunto de formas energéticas constituye el sistema. (Digamos que la forma energética es al sistema lo que son las palabras a la sintaxis, ésta última una máquina de producción de sentido, por selección.) En el ámbito de lo social los sistemas disipativos se ensamblan en vehículos de supervivencia primarios, secundarios (comunidades) y sociedades políticas de estructuras coaxiales, tal como lo plantea *El octavo día* (Adams 1988). En ningún caso estas estructuras pierden su naturaleza física de formas energéticas cargadas de información.

Evoluciona aquel sistema que sea capaz de mantener intercambios de energía, materiales e información con otros sistemas, que conforman su medio, por encima de las pérdidas entrópicas consustanciales a todo proceso de intercambio. No aquél que más entropía produce.

El cambio evolutivo se sustenta en un sinnúmero de cambios meramente accidentales que son, sin embargo, acumulativos. Los cambios en el nivel micro se acumulan en el nivel macro, en el sentido de que las variaciones útiles pasan a formar parte de la memoria sistémica o “estructura útil”, la cual es parte del desarrollo de un cierto patrón. Identificar este patrón es la tarea de un estudio evolutivo. El patrón es una característica emergente y funciona como una matriz de realimentaciones a futuro, como una especie de algoritmo o metáfora del sistema.

¹ Una vez llegado a esta formulación de la hipótesis me pareció que sería posible medir la correlación entre los factores enumerados (véase la nota ⁷ del capítulo 5). Sin embargo, para esto se necesitarían modelos informáticos elaborados con tal propósito, lo cual rebasa con mucho mis capacidades. Traducir estas ideas en fórmulas matemáticas sería una tarea para equipos enteros de especialistas. En este trabajo traté de solucionar la cuestión a partir de los indicadores disponibles para el caso bajo estudio; esto es, medir lo medible y complementar el esfuerzo con la descripción verbal.

Los sistemas adaptativos complejos producen un esquema a partir del cual pueden predecir cosas del entorno. Al interactuar con otros sistemas, "aprenden" de la experiencia y, como resultado, se adaptan. Los sistemas adaptativos complejos conocen su medio, interno y externo, de manera especial: producen su propio criptograma o "descripción densa". La autodescripción es característica de todo sistema adaptativo en un nivel elemental.² La memoria sistémica sirve para sostener la constante entrópica en un medio que fluctúa, dando lugar a una individualidad e identidad propias. Cuando decimos "identidad" hablamos de aquel conjunto de propiedades necesario y suficiente para que el sistema en cuestión se mantenga en un entorno que progresa hacia la entropía máxima. Un sistema adaptativo busca independizarse de las incertidumbres de su mundo y la identidad es un resultado parcial de esta búsqueda.

La definición de un sistema tal depende del nivel de integración en el que situemos el análisis. Ese nivel puede ser el del individuo, la especie, la comunidad o el ecosistema. En el terreno de lo social tenemos personas, unidades domésticas, grupos parentales, aldeas, etnias, etcétera. Las líneas de análisis se pueden trazar de muchas maneras. En el ámbito de la antropología política, por ejemplo, se habla de la evolución de tribus, jefaturas, estados, bloques y demás. Resulta que la evolución social, a diferencia de la prebiótica y la orgánica, no tiene una "topografía" única ni un mapeo restringido a un solo modelo. El patrón evolutivo que define la identidad o la autonomía de una unidad social es múltiple. Es más, entre los distintos patrones se dan más desfases que coincidencias. A las sociedades humanas en especial no les gusta ni les conviene definir sus fronteras en términos de un solo ámbito; por ejemplo, en términos geográficos, ecológicos o energéticos, esto es, en términos de un territorio, un ecosistema o un sólo recurso. Los sistemas evolutivos sociales prefieren adaptar sus interfases de intercambio experimentando con diferentes patrones y lo hacen con mucha facilidad, si los comparamos con los sistemas biológicos. Las unidades evolutivas sociales, antes que productos acabados, son experimentos en marcha.

El patrón del cambio social, descubierto por Richard N. Adams, consiste en una sucesión de fases de identificación, coordinación y centralización, y se desarrolla de acuerdo con la cantidad de energía que logra procesar el sistema en cuestión. Una

² Entre los mecanismos que "comprimen" la información el mejor conocido es el genético: la selección va fijando en el genoma mutaciones que en su momento y lugar representaron una ventaja. A esto se debe que la especie biológica se considere como una "unidad natural" de la selección. Sin embargo, la unidad evolutiva depende del ámbito en el que ubiquemos el proceso. La condición que debe cumplir la unidad evolutiva para poder ser definida como tal es la de la forma energética.

vez alcanzado un determinado nivel de coherencia, que puede ser un estado estacionario, nada garantiza que todo siga sin alteraciones. Pero las unidades evolutivas pueden emprender de nuevo el proceso para alcanzar el siguiente nivel de complejidad sólo cuando hay suficiente energía para ello. Es así como las unidades operativas de un nivel se centralizan y, al hacerlo, pasan a ser parte de los vehículos de supervivencia de un nivel jerárquico más incluyente, que no "superior". La estrategia evolutiva consiste, por una parte, en autopoiesis (reproducción de lo mismo con variaciones) y, por la otra, en neopoiesis (asociación o simbiosis entre formas energéticas). La sociedad "existe" en este continuo proceso de regeneración e interacción de sus partes al amparo del ambiente de la cultura, que no es otra cosa sino una nueva dimensión del ambiente natural, una dimensión neopoiética por excelencia.

Éstas son las conclusiones en cuanto al modelo teórico se refiere. Paso ahora a resumir las que atañen al estudio de caso y las que derivan del análisis de los datos. La energética, enfoque basado en la teoría de sistemas termodinámicamente abiertos, permite la redefinición de la comunidad campesina desde una perspectiva evolucionista.³ De acuerdo con este enfoque, la sociedad no es tan sólo un asunto de relaciones entre personas o grupos, sino una configuración de formas energéticas, tanto humanas como no humanas, que la cultura —es decir, la capacidad humana de procesar la información por medio de símbolos— pone a trabajar en conjunto. Desde esta perspectiva, la comunidad campesina representa uno de los puntos de inflexión en el curso de la evolución exosomática de la humanidad.⁴

El argumento consiste en que la comunidad está definida por su tamaño óptimo en tanto unidad de procesamiento de energía, materiales e información.⁵ La comunidad, como vehículo de supervivencia que es, no se compone sólo de las personas o

³ El origen de la comunidad puede trazarse desde la fase pristina de la evolución humana. Generalmente se recurre a una explicación del proceso de socialización al postular el instinto gregario de cooperación, producto a su vez de la selección, que aporta ventajas directas de la acción conjunta para la supervivencia. Este argumento es el de la *selección grupal*; fue discutido a fondo en el marco de la biología evolutiva y finalmente desechado por incompatible con la teoría darwiniana. Véase el comentario al respecto en el apartado 6.2. Una explicación del proceso de formación de comunidades acorde con la teoría evolucionista no puede basarse en causas próximas (nadie estuvo ahí para tomar nota), sino en las de la selección.

⁴ Otro de esos hitos evolutivos, el anterior, fue el de la expansión de las hordas de cazadores recolectores. Esa expansión se basaba en un conjunto novedoso de asociaciones de formas energéticas: el fuego, las herramientas de caza y pesca, la división del trabajo por sexo y edad, el manejo de un territorio y la organización social basada en controles políticos del poder asignado. De acuerdo con Sahlins (1977), las bandas de forrajeo habrían sido las únicas sociedades humanas que vivieron en estado estacionario o sustentable. Sin embargo, el manejo de fuego fue, en ciertos lugares, la amenaza mayor para el medio en la prehistoria.

⁵ La idea original es de Georgescu-Roegen (1976: 191-231). "To sum up: it is the economic optimum size of the material basis —the village territory— that accounts for the individuality of the village community" (1976: 209).

familias, sino que es un ensamble de todas las formas energéticas que interactúan en su territorio. La agroforestería que practican las comunidades del Rincón es un buen ejemplo de esto. El tamaño óptimo, en ocasiones oscilante e incierto, es un resultado estocástico de la confluencia de varias formas/ flujos energéticos, que trabajan cada uno a su ritmo. Se supone que la interacción entre los elementos del sistema “resulta de alguna manera autorreguladora” (Adams). El porqué de esta condición de los sistemas termodinámicos abiertos hay que buscarlo en las condiciones específicas. Se ha dicho que un sistema termodinámicamente abierto puede ser atraído por estado estable, fluctuante, oscilante, inestable y caótico. A largo plazo el más interesante es el estado estable (por razones de salud). Como sistema disipativo, producto de la autoorganización, la comunidad no podría sobrevivir sin cierta regulación homeostática, típica del estado estacionario. Ésta fue la propuesta teórica que desarrollé en el presente trabajo. La pregunta que deriva de este planteamiento es en qué condiciones tenemos el estado estacionario, esto es, en qué se condiciones se puede dar la autorregulación del sistema. El sistema se entiende en este caso como el conjunto regional de comunidades campesinas, los bosques, las milpas, los caminos, y los mecanismos de regulación descritos en la parte etnográfica del presente ensayo. En todo el trabajo estuve tratando de extraer las implicaciones que tiene el modelo de la red autopoietica de sistemas disipativos. Si bien el material recabado no me permitió tomar en cuenta y analizar todos los flujos involucrados en la configuración del objeto de estudio, aún así espero haber demostrado que las comunidades zapotecas rinconeras son un buen ejemplo de una composición entre los flujos ambientales, económicos y sociales que se pueden autorregular en el nivel regional. Los reguladores del flujo ecológico sustancial son las estructuras fisiológicas de los ciclos ecológicos y las sociales de los procesos políticos locales, nacionales y globales. En el pasado cercano, antes de la introducción del camino de autotransporte, y con él de los flujos de “alta energía”, el sistema manifestaba una composición balanceada, sustentable si se quiere, de los flujos ambientales. Esto no quiere decir que la región estaba en “estado de equilibrio”.⁶ El objetivo de mi estudio

⁶ La diferencia entre el enfoque energético y el funcionalismo es de fondo. Los sistemas que estudia la energética son sistemas del régimen termodinámico de no equilibrio. En contraste, el funcionalismo presupone el equilibrio como un orden universal en la naturaleza. La homeostasis de tipo organicista sería la prueba. Si bien la homeostasis es una buena hipótesis, tampoco es resultado inevitable de las leyes de la naturaleza; es un resultado que se da en ciertas condiciones específicas. Por lo demás, la sociedad no es un organismo ni se reproduce como tal. Ambos fenómenos –la sociedad y el organismo– son ejemplos de sistemas complejos y en este sentido se parecen en ciertos aspectos fundamentales, mientras que en otros difieren notablemente. El organismo no es una metáfora de la sociedad, sino que los organismos, las sociedades, los ecosistemas y los demás sistemas complejos pueden interpretarse con la ayuda de un modelo, el del *sistema disipativo*.

no fue el de comprobar una vieja falacia funcionalista, sino el de averiguar las condiciones de estado estacionario para la comunidad campesina y para la región.

Las condiciones de estado estacionario para las comunidades son de (1) paridad de insumo, (2) clausura operativa y (3) circulación libre de información, tal como fueron descritas en el capítulo 7. Si bien estas condiciones se daban en el pasado, la pregunta más interesante ahora es si este desajuste de los últimos 20 años que sufrieron las comunidades del Rincón en el contacto con la sociedad de "alta energía" lleva también al estado estable o alguna suerte de sustentabilidad. Las comunidades entraron en una etapa de fluctuaciones que pone en entredicho la viabilidad de sus arreglos ecológicos establecidos con anterioridad. La etapa de fluctuaciones significa que las cosas se dan de manera impredecible. ¿Qué sentido tiene hablar en este caso de "desarrollo", "modernización", "progreso" o "globalización"?

Para hablar de sustentabilidad sin demagogia debemos, antes que nada, definirla en términos energéticos. Se ha dicho que un sistema cerrado no puede realizar indefinidamente trabajo a un ritmo constante. Si definimos al sistema con posibilidad de regulación sustentable como la sociedad y su medio, esto es, el agroecosistema, entonces la pregunta es a qué ritmo debe fluir la energía del medio hacia la sociedad para sostener un balance que exige la eficiencia energética. Con más precisión ¿cuánta gente puede vivir en condiciones como las encontradas y por cuánto tiempo? La pregunta puede responderse recurriendo al modelo de *trigger/flow*. Una agricultura de autoabasto, basada en el policultivo de milpa como la que se practica en el Rincón, con huerto familiar en cada solar y el manejo de leña como el combustible para el comal, se puede sostener con el 15% de la superficie cultivada y el 85% de la superficie cubierta por la vegetación en distintas etapas de sucesión. El dato se refiere al territorio del Rincón como un todo; no quiere decir que una determinada comunidad puede sobrevivir cultivando el 15% de sus tierras, sino que la proporción de 15:85 de superficies representa un valor óptimo en el nivel regional, dada la tecnología agrícola existente. Rebasar este límite significa comprometer la sustentabilidad de la región y de sus comunidades. La región puede sustentar un flujo poblacional de alrededor de 12 mil habitantes, redistribuidos en 20 poblados con un promedio de 550 habitantes por localidad, como sucedía hasta hace poco, durante siglos. Alrededor de este valor se daba en el pasado la regulación, como se puede demostrar con el material empírico presentado. La población de las comunidades mismas fluctuaba, pero en el nivel regional se mantenía constante.

¿Es posible la sustentabilidad ahora? Desde luego, ya no se puede regresar a las condiciones anteriores (de paridad de insumo, autonomía productiva y libre flujo de información). Los procesos evolutivos son entrópicos, esto es, irreversibles. El contacto con la sociedad de la máquina eliminó de tajo los mecanismos de regulación locales. Pero, contradictoriamente, permitió un aumento notable de la población en la región (véase la tabla 1). La cafecultura fue la gran promesa de incorporación al mercado nacional e internacional, para poder enfrentar los problemas que trae la modernidad, pero las expectativas que generó no se cumplieron en absoluto. Después de las fluctuaciones en los precios del café en la década de 1980, a partir de la caída en 1996 dichos precios ya no se recuperaron. Ese mismo año comenzó la emigración de la población masculina joven hacia “el norte”. Los censos del INEGI no reflejan este movimiento porque se hacen cada diez años. Además, los habitantes de cada morada tienden a incluir a los ausentes en la información que dan a los encuestadores sobre el tamaño total de la unidad doméstica. La encuesta genealógica realizada a propósito del presente estudio en una comunidad de la región muestra que la población residente permanece constante a pesar del aumento en la tasa de nacimientos. La migración laboral puede verse como una válvula de escape o parte de un mecanismo de regulación, para mantener el nivel de la población alrededor de un valor compatible con la capacidad de sustentación de la zona. Pero no lo es. No lo es como un mecanismo de regulación o feedback negativo; en todo caso sería un feedback de signo positivo. (El feedback positivo lo único que hace es amplificar el ruido en el sistema.) No hay que perder de vista que la migración transforma la estructura poblacional de las comunidades y con ella la estructura social. Actualmente hay más niños que mantener (la cantidad de hijos por mujer aumentó de tres en 1983 a cuatro en 2003), mientras tanto la cantidad de personas en edad de trabajar disminuyó. Las remesas que envían los jornaleros se destinan por de pronto al consumo familiar. En las comunidades con más tradición migratoria estas remesas se invierten en una estructura emergente de “comunidad transnacional” y también se invierte en microempresas. Esta nueva comunidad representa un auténtico desafío a la teoría de comunidades sustentables, de tamaño óptimo localmente regulado. A los lazos que sostienen la vida comunitaria, basados en la unidad territorial y el amor a la tierra, se agregan ahora las redes transcomunitarias que tejen los migrantes. Tan sólo con estos datos en la mano deberíamos pensar que no es posible hablar en este caso de la sustentabilidad regionalmente determinada. Una nueva sustentabilidad, si fuera imaginable, ya no dependerá de los recursos locales, porque el sistema está

cambiando sus fronteras energéticas. Con frecuencia se les pide a los campesinos que sean “guardianes ecológicos” de los recursos naturales y ellos se preguntan, con razón, ¿con qué insumo haríamos esto?

No estoy hablando de la sustentabilidad tal como se maneja en el discurso oficial -que en ocasiones raya con la farsa-, sino de la sustentabilidad relacionada con la capacidad del medio. Repasemos el argumento (del cual los políticos suelen aprovechar algunos elementos). La sustentabilidad es el estado normal de un sistema con capacidad de autoorganización. Una sociedad sustentable es posible mientras haya diversidad de fuentes de abastecimiento y acceso a los mismos, condiciones que generalmente están presentes en las comunidades campesinas tradicionales. Estas condiciones ya no existen. En la región y en muchas otras regiones del mundo, otrora aisladas, se han trastocado los mecanismos de regulación locales. Los ambientalistas opinan que, aún en un mundo globalizado, la capacidad creativa de la cultura permite una integración armoniosa de las sociedades humanas a este gran supraorganismo viviente que es la biosfera. Si les concedemos el beneficio de la duda de que la sociedad humana sustentable es ecológicamente viable, la pregunta es si tal sociedad es viable económicamente hablando (tomando en cuenta el sistema económico vigente). Como es sabido, la economía de mercado asigna valor sólo a ciertos flujos energéticos, los llamados bienes escasos, e ignora campalmente los demás. El sistema económico basado en cálculo del capital no permite hacer cuentas a largo plazo. El estado estacionario de un ecosistema es una cuestión de ajustes que llevan mucho tiempo. Y la humanidad lleva prisa. La economía moderna, basada en monoflujos de “alta energía”, no está interesada en la posibilidad autorregulación, de hecho no invierte gran cosa en la sustentabilidad. Los Estados prefieren delegar esta responsabilidad al mercado. Pero el mercado basado en flujos de capital proporciona información incompleta, muy a menudo distorsionada, a veces falsa, sobre su propio funcionamiento, lo cual no ayuda en nada a tomar decisiones adecuadas. Como se ha visto a propósito del “sistema solar” de mercados, una de las condiciones *sine qua non* para la sustentabilidad es que la información fluya libremente entre las partes del sistema. (Que es, dicho sea de paso, la esencia de la democracia.)

El argumento sobre el estado estacionario propuesto por los economistas Herman Daly (*Toward a Steady State Economy* 1973) y Jeremy Rifkin (*Entropy* 1981) como la salvación para el mundo, no fue aceptado como tal por Nicholas Georgescu-Roegen (véase “Afterword” en Rifkin 1981) por otra razón más, la que está relacionada con el flujo de materiales: *matter matter too*. Para utilizar el símil de Georgescu-Roegen,

la sustentabilidad puede compararse con un bombeo, el cual extrae la energía del medio y la envía hacia la sociedad humana. Tomemos como ejemplo un pozo de agua. Al pozo lo podemos manejar y ciertamente lo podemos agotar incluso empleando la tecnología tradicional, perfectamente "ecológica", pero con una bomba mecánica el peligro de agotamiento será siempre inminente. Lo que hay que tomar en cuenta, en todo caso, no es sólo la capacidad del pozo para reponerse -lo que en este trabajo llamo el flujo sustantivo-, sino también la potencia del flujo compensatorio. Éste es el meollo del asunto. Lo que debe entenderse es que la sustentabilidad no sólo depende de la generosidad del medio, sino también de la cantidad de energía que los seres humanos invierten en el manejo de los flujos ambientales. En este sentido la sustentabilidad tiene su costo. La sustentabilidad es una faceta del control humano sobre el medio. Ahora bien, nada hay "gratis" en esta vida: el precio que hay que pagar por un arreglo sustentable es el costo de su mantenimiento y reproducción. Por otra parte, nunca se puede hablar del control total de un flujo (sobre el sentido de la palabra *control* en la *cibernética* véase el Glosario). La sustentabilidad, entonces, tiene esta doble faceta de la capacidad del medio y del costo de flujo compensatorio de su mantenimiento y reproducción. La sustentabilidad no es un *perpetuum mobile* ecológico, que trabajaría sin costo energético alguno.

Ahora bien, la modernidad ha demostrado ser capaz de una extracción muy acelerada de los recursos naturales. Cuando se sobrepasa el umbral de irreversibilidad, se provoca una desarticulación severa de los ciclos de intercambio. Para la región que nos ocupa este umbral es de 85:15 en la proporción entre la vegetación natural y la agricultura, tomándola (la proporción) como un indicador. Hay regiones en la Sierra de Oaxaca en las que el umbral, tal vez de un rango todavía menor, ya fue traspasado con creces, problema que puede apreciarse a simple vista desde la carretera. Proponer en estos casos un "desarrollo sustentable" sobre la base de los recursos locales es, cuando menos, extemporáneo.

La economía campesina no es de fácil acceso para la teoría económica convencional. ¿Será una realidad sin teoría? Las políticas del Estado para el campo parten de una visión excesivamente simplista. A la economía campesina se la contempla como una "economía primitiva", o como una versión subdesarrollada de la economía de mercado, no como una economía por derecho propio. De ahí que se piense que no sea capaz de evolucionar por sí misma. La economía regional del Rincón evolucionó, primero, como parte de un ecosistema y, a la vez, como parte de la sociedad envolvente. Lo cierto es que en la actualidad enfrenta el desafío de un ambiente nuevo, el de un mercado capitalista globalizado. Aunque en este contexto

tiene todas las desventajas de su condición marginal, su fuerza principal, sin embargo, reside en su eficiencia entrópica en relación con el medio. Al menos esta fue su ventaja en el pasado no tan remoto.

La administración comunitaria de los recursos es eficiente si se la contempla desde una perspectiva local y de largo plazo. La eficiencia económica, en cambio, sólo puede determinarse si se calcula todo en dinero y en términos de una ganancia inmediata. Resulta que la economía campesina sólo está monetarizada parcialmente. En el mundo campesino el dinero es apenas la referencia a un bien escaso por antonomasia. Las comunidades de la Sierra están en pie de lucha para demostrar que su estilo de relacionarse con el medio es el correcto. Uno de los frentes de esta lucha, tal vez el más visible en este momento histórico, es el jurídico, el de la tenencia de la tierra. Las comunidades se niegan a adoptar la forma "moderna" de propiedad privada de la tierra propuesta por la sociedad mayor, regulada por el precio en el libre mercado. Varias comunidades de la zona están en proceso de regularización de su territorio bajo el régimen de propiedad implementado a partir de la reforma del artículo 27 de la Constitución. Las comunidades serranas eligen el régimen de propiedad comunal, el cual reconoce diversas formas de tenencia de la tierra al interior de la comunidad. La lógica de estas formas de tenencia está relacionada con la naturaleza de su ecosistema particular. El ecosistema del Rincón muestra una extraordinaria diversidad interna de climas, suelos y formaciones bióticas. Es a este hecho al que se adecua el régimen de propiedad comunal, que es "comunal" visto desde fuera, y diversificado si se lo considera desde la perspectiva interna.

No quiero cerrar este trabajo sin hacer un comentario sobre un aspecto de las políticas estatales para el campo, el que está relacionado con el argumento de la eficiencia. Los programas gubernamentales de asistencia al campo parecen más un resultado de prejuicios ancestrales de la clase política que de un análisis de los problemas. Da la impresión de que el gobierno "supremo" (como decían los cristeros y como dicen hoy los zapatistas) no pierde la secreta esperanza de que los campesinos mexicanos desaparezcan algún día, en virtud de la "ley natural" que promueve al más apto y elimina al débil. La retórica neoliberal contemporánea recurre al argumento de la eficiencia económica al más puro estilo del darwinismo social, como si el éxito en este mercado fuera el criterio último. Baste recordar, como botón de muestra, las palabras del Secretario de Agricultura del "sexenio del cambio". En respuesta a un cuestionamiento de los periodistas sobre la eliminación de aranceles agrícolas en el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica, el responsable de la política agraria

del país dijo: “Estamos planteando para los productores de grano (...) una disyuntiva: o te vuelves eficiente con los parámetros internacionales o te buscas otra cosa. El que no lo entendió, no lo quiso entender” (entrevista a Manuel Usabiaga en *El Financiero*, 21 de noviembre, 2002). El argumento de que la eficiencia es resultado de la adaptación a las leyes del mercado se aplica como criterio categórico: el objetivo de la agricultura es competir en el mercado internacional. Este tipo de pensamiento, basado en la ideología monolítica, domina actualmente la mentalidad de políticos, empresarios y administradores, todos ellos convencidos de una verdad única, la neoliberal, según la cual el mercado es el mecanismo de regulación que soluciona todos los problemas de la escasez. Al parecer, en el mundo mágico de la economía de mercado no hay lugar para los campesinos quienes -en palabras del mismo declarante- constituyen “una sociedad demandante de recursos fiscales, inconsciente y poco receptiva a los mercados, atenta a buscar mejores ingresos vía presupuestos y no vía productividad. Los campesinos contarán con un plazo para hacerse eficientes y competitivos y si no lo logran, mejor que se dediquen a otra cosa” (*ibidem*).

En otras palabras, los campesinos contarán con un plazo razonable para desaparecer, en beneficio del presupuesto federal. Las leyes naturales así se lo demandan. “El que no lo entendió, no lo quiso entender”. Ahora bien, esta es una manera de pensar que pervierte el argumento de la eficiencia. A nadie se le oculta que las modernas granjas de la agroindustria son “demandantes de recursos vía presupuesto” en una escala nunca antes vista. Los administradores de la *res publica* parecen totalmente inconscientes de ello. La productividad de la agricultura moderna se debe a todo tipo de insumos artificiales, entre ellos la agroquímica, la maquinaria, el transporte basado en combustible barato y la biotecnología. A la infraestructura proporcionada por el gobierno se suman las facilidades fiscales, los precios de garantía, los créditos bancarios, las compensaciones del seguro y todo tipo de subsidios que sólo los empresarios del campo están en condiciones de aprovechar, por su posición jurídica política. En tales circunstancias es fácil volverse eficiente de acuerdo con “los parámetros internacionales”. Por otra parte no hay que olvidar que, además de los factores enumerados, la “eficiencia” de agricultura moderna se debe especialmente a la explotación salvaje de los jornaleros migrantes. La mano de obra de los jornaleros estacionales es necesaria en ciertas fases de la producción, en las que no se puede hacer uso de la maquinaria. La reproducción de esta mano de obra corre por cuenta de las comunidades campesinas. Esto está documentado en la literatura antropológica en cantidad de casos suficiente como para decir que “él que no lo entendió, no lo quiso

entender". El *gospel* de la eficiencia que predicán los gobiernos neoliberales es buena nueva sólo para algunos privilegiados.

Acusar a los campesinos de la ineficiencia de la agricultura del país no sólo es injusto, sino francamente hipócrita. Los responsables de la política estatal exigen en los foros internacionales que se retire el subsidio al campo en los países del Primer Mundo, pero internamente aplican políticas de subsidios que favorecen a los productores "modernos", mientras que a los campesinos les exigen que se vuelvan eficientes por su propia cuenta y hasta les aconsejan que adopten el manejo sustentable y cuiden "los recursos de la nación".

Como parte de un proyecto amplio, de alcance regional, nacional e internacional, la agricultura de un país debería partir de una política de autosuficiencia. "Un proyecto amplio" quiere decir que no todos los problemas pueden resolverse en el nivel de la unidad de producción, sea ésta la familia campesina, la comunidad, la región o la empresa. Los países desarrollados se niegan a eliminar los subsidios que otorgan a las unidades productivas agrícolas propias porque estos representan en buena medida los gastos de mantenimiento. Si la agricultura fuera considerada prioridad nacional en México, se vería claramente que también requiere de inversión y mantenimiento (de flujo compensatorio), como cualquier otra empresa sustentable. Todo sistema es sustentable mientras hay energía para su funcionamiento. La agricultura no sólo vive del sol.

¿Es posible una empresa sustentable ecológicamente hablando y a la vez productiva en términos del mercado? He aquí una buena pregunta. En condiciones de paridad de insumos, sí. Eso incluye el insumo del capital. Un régimen de subsidios crea distorsiones, como las que pueden apreciarse en la sobreproducción de granos básicos y la sobreoferta de esos productos en el mercado mundial. Todo esto deprime los precios. Un negocio así seguirá siendo rentable sólo mientras alguien (como lo hacen ahora los gobiernos) cubra la diferencia entre el precio al consumidor y el costo de producción. En este sentido se implementaron la "Ley Agrícola 2002" de Estados Unidos y la "Política Agrícola Común de la Unión Europea" (en el mismo año) para asegurar los subsidios a la producción primaria de alimentos. En estas condiciones, los campesinos de los países periféricos no entran en un campo de juego parejo. Su defensa es refugiarse en la producción de autoabasto y apoyarse en la migración laboral para sortear las crisis.

En tanto estrato social incorporado en una sociedad envolvente y, al mismo tiempo, como segmento de un ecosistema local, los campesinos entienden el mundo desde su comprometida posición, y a partir de ella toman sus decisiones. La

eficiencia entrópica de su sistema tradicional de cultivo les da ciertas ventajas a largo plazo, como lo demuestra su supervivencia a través de milenios. En medio de muchas crisis, algunas de grandes proporciones, siempre han sobrevivido.

Desde esta perspectiva me pregunto si es posible un estado estacionario para la "civilización de la máquina", de la cual las sociedades campesinas contemporáneas forman parte, así sea de manera marginal y subordinada.

Ningún segmento, ninguna clase social, puede arrogarse una visión "objetiva" de la realidad, por encima de los demás. Dotado de un dinamismo propio -producto de la expansión energética y de los diversos modelos particulares a los que se ajusta esa expansión-, nuestro mundo ha sido siempre algo extremadamente extenso y confuso, a la vez que ordenado y complejo. Todo esto hace difícil orientarse en él. El éxito evolutivo (la eficiencia entrópica) no está asegurado por ley para nadie. En términos generales, el problema no consiste en consumir cada vez más energía, sino en ajustar el consumo a las posibilidades del mundo en que vivimos.

Una conclusión de orden general es que, si hay alguna solución a los problemas ambientales creados por el sistema de consumo imperante, ésta no consiste en la "apropiación económica de la naturaleza" que pregonan los partidarios del neoliberalismo. Un mercado que crea problemas no puede postularse como la solución de los mismos. Tampoco lo podría ser la ciencia por sí sola. La "racionalidad ecológica" que pregona no es un enfoque compartido por mucha gente. De haber solución, sería ésta de orden político. Siempre me ha llamado la atención que en la obra de Adams la energética desemboca en la antropología política. Entendida la política en sentido amplio como la participación de todos los sectores de la sociedad en la configuración del bien común, los campesinos del país tienen algo que decir en cuanto a una política de la supervivencia de la sociedad humana. Esta supervivencia sólo es posible con base en la diversidad (extendida a las formas energéticas no humanas) y el libre flujo de información, esa diversidad de la que la antropología ha hecho su objeto de estudio. Por decirlo en el lenguaje de la academia, la "economía política" debe ser relevada por una "ecología política".

Mucho se discute el asunto de la evolución social como si la humanidad fuera una unidad operativa con capacidad autónoma de organización y decisión. La "humanidad", el "pueblo", la "clase social", el "campesinado" son tipos ideales, en ocasiones meras entelequias de una retórica propia de los discursos al aire. Éste es también el caso de las "etnias" cuando no logran constituirse en unidades operativas. Únicamente las sociedades concretas, con sus partes organizadas, entran en el proceso de evolución, y sólo ellas pueden generar consensos respecto de sus

objetivos y disponer medios para conseguirlos. Nada impide que los actores políticos, los grupos sociales, las etnias y las naciones enteras se pongan de acuerdo sobre la manera de proteger el ambiente, sostener el abasto, ajustar la población a las capacidades del medio, fusionar la economía con la ecología, asegurar trabajo para todos y repartir el ingreso de manera justa. Una lista de propósitos como éstos representa objetivos sociales de la evolución. A fin de cuentas, son los valores - imágenes mentales cargadas de significado-, los que orientan a las sociedades en sus esfuerzos de adaptación (Bateson 1966: 42). El ambiente benigno, que la cultura proporciona, abre esta posibilidad, que la naturaleza no niega y ninguna de sus leyes prohíbe. Georgescu-Roegen (1996) sostiene que no hay ley que prohíba tamizar la energía de manera fina. El mismo autor propone un “programa bioeconómico” como posible solución a los males de nuestro tiempo. En esa misma línea de argumentación, Adams concluye que “la capacidad humana de desencadenar crecientes flujos de energía no se equipara, en modo alguno, con la escasa habilidad de controlar los flujos subsecuentes. Pareciera que los seres humanos hemos concentrado nuestra atención en los procesos que prometen mayores rendimientos, descuidando la calidad del control de los mecanismos detonadores” (2001: 109).

Objetivos de un proceso energético social tales como los mencionados arriba, no son otra cosa que detonadores de “alta calidad”. Los detonadores de ese tipo son, generalmente, resultado de procesos de largo alcance, que producen información depurada. El logro de objetivos como esos depende de la capacidad del sistema social de conjugar diversos ciclos energéticos. Quizá por tratarse de un fenómeno relativamente reciente, la evolución social tiene todavía mucho camino que recorrer hasta que las sociedades comprendan a cabalidad su dependencia de la biosfera. Y las sociedades campesinas tienen mucho que enseñarnos en relación con esto.

La expansión capitalista, que ahora se llama, presuntuosamente, “globalización”, es un proceso energético de expansión de la “civilización de la máquina”, y como tal hay que entenderla. Es un proceso entrópico, destructivo y creativo a la vez. Eso sí, extremadamente destructivo y peligroso para el medio, a la vez que bien poco creativo, si tenemos en mente una sociedad a escala humana. ¿Justifican sus logros la violencia que lo acompaña?

Glosario

adaptación. Proceso que implica necesariamente el cambio basado en la *selección natural* (Adams [1975] 1983: 71).

Proceso estocástico, experimental, de autoorganización, que no admite explicaciones basadas en causas próximas ni exposición lineal. Su resultado es la independencia de la incertidumbre del medio.

La adaptación, como "capacidad para responder" (Slobodkin 1968: 194s), ocurre en diversos niveles. (...) Los miembros de una población en primer término tratarán de adaptar su comportamiento; si eso no da resultado, empezarán a hacer cambios fisiológicos; y si eso tampoco tiene consecuencias, la población experimentará cambios genéticos (Bateson 1972: 346-63). Cada uno de estos niveles, comparado con el anterior, es progresivamente más "profundo", requiere más tiempo, resulta más difícil de alcanzar y es irreversible cuando se logra (Adams [1975] 1983: 227).

El ser humano se adapta por medio del control (Adams 1978: 22), el cual ejerce a través de conjunciones de lo energético y lo mentalístico que le permite la cultura (63). Las imágenes mentales son un componente importante de la toma de decisiones, porque gran parte de la adaptación de una unidad ocurre en términos de tales imágenes (Adams [1975] 1983: 227). La reducción mental es el arma secreta de la adaptación humana; el hombre puede manejar algo cuando puede «reducirlo a su tamaño». Si no puede hacerlo, ese algo lo manejará a él (306).

adaptabilidad. [*fitness*] Adecuación, eficacia. Capacidad de las estructuras portadoras de la vida de anticipar y compensar activamente las fluctuaciones del medio interno y externo.

agricultura. Coevolución de una serie de sistemas reproductivos que están interactuando en un sistema reproductivo mayor (Adams [1988] 2001).

agroforestería. Compenetración entre los ecosistemas no intervenidos y los intervenidos por el hombre.

Las áreas intensamente explotadas por el hombre limitan por típicas interfases de intercambio con las extensiones que han quedado en una situación natural o poco perturbada, debido a que el hombre ha aumentado enormemente el desarrollo de tales interfases. La estructura resultante tiene gran capacidad para absorber alteraciones: es una especie de esponja de gran superficie. El límite peligroso para la conservación ocurre cuando dichas interfases desaparecen rápidamente por una uniformización de áreas explotadas y la desaparición de áreas menos explotadas (Margalef 1980: 870).

ambiente. Red de intercambios tróficos. Habitáculo físico, biológico y social de los seres vivos.

El término *ambiente* se refiere al aspecto material-energético, esto es, a las formas o flujos energéticos del habitáculo físico y social del ser humano. (...) No sólo la topografía, el clima, los recursos naturales, etcétera, sino también las personas, las ondas sonoras del habla, el comportamiento de los demás, etcétera, son formas o flujos de energía que pertenecen al ambiente. Es el control del

ambiente por parte del actor lo que constituye la base del poder social; sin embargo, esa base sólo puede operar si es culturalmente reconocida por otros actores. Es posible que el reconocimiento no afecte el control, pero afectará la capacidad para usar ese control e influir sobre los demás (Adams [1975] 1983: 29).

Dado que en el sentido más estricto todo lo que existe en el ambiente es una forma de energía, el control sobre los elementos del ambiente debe medirse hipotéticamente en los términos de energía, o de flujos de energía (Adams [1975] 1983: 28).

autodescripción. (del sistema) El conjunto de mecanismos de realimentación a futuro. Véase: modelo, representación, algoritmo, reducción mental, metáfora, mapa.

autodetonación. [self-triggering] Proceso energético en el que la disipación en una parte del sistema libera la disipación en otras partes del mismo, *de modo tal que la forma de todo el proceso se reproduce* (Adams [1988] 2001: 125). Se distingue (1) la detonación generalizada o directa, y (2) la especializada o centralizada. En el primer caso los procesos operan directamente sobre sí mismos, como sucede en el autocatálisis; en el segundo, se valen de mecanismos especializados de control y de una "descripción" o memoria de su *statu quo ante*.

Véase también: autocatálisis, detonación mutua, coevolución, evolución.

autonomía. Clausura operativa de un sistema complejo.

autoorganización. Proceso autocatalítico (que se promueve a sí mismo) de construcción/destrucción, que no obedece a propósito explícito alguno; resultado de la fluctuación constante de todo proceso energético en el régimen de no equilibrio. Desde el punto de vista termodinámico, la construcción sólo puede ocurrir con el respaldo de la destrucción (Adams 2001 [1988: 57]). La autoorganización produce simultáneamente ambos resultados. Al consumir energía, las formas energéticas se transforman a sí mismas y modifican las relaciones que guardan entre sí y con otras. Las perturbaciones que resultan de la disipación de las formas en equilibrio corriente arriba, conducen a la autoorganización corriente abajo, provocando todavía más disipación (Adams 2001 [1988: 128]).

La autoorganización es una *metaclase* de procesos energéticos en los que se manifiesta una suerte de "mente" en el sentido en que Bateson dio a este concepto (autorregulación, el conjunto de mecanismos de realimentación). Los procesos autoorganizativos son de naturaleza compleja, no lineal y estocástica, por lo que requieren explicaciones basadas en la selección (Adams 2001 [1988: 1]). La diferencia entre *autodetonación* y *autoorganización* es la que se da entre un proceso elemental y otro complejo, entre un acontecimiento individual y una cadena de sucesos; es una diferencia de escala.

La *selección natural* es un proceso de autoorganización, un proceso experimental de ensayo y eliminación del error.¹

Véase: autopoiesis, autocreación, heterarquía.

autopoiesis. En griego «poeta» significa hacedor. La autopoiesis es emergencia de propiedades globales a partir de interacciones locales. De un proceso de realimentación surge la coherencia como un nuevo nivel de interacción, a manera de un «yo virtual». Virtual, porque deja de ser evidente cuando intentamos localizarlo. Por ejemplo, el sistema inmunológico es un sistema autoreferente que surge a partir de la «clausura operativa». A partir de la formación de una red de

reacciones bioquímicas que se organiza por sí sola, esto es, produce moléculas que hacen algo específico y único: crean un límite, una membrana, que encierra la red que ha producido los constituyentes de la misma. Esto es una autoreferencia lógica, una red que produce un límite (Varela 1996: 198). Es una propiedad extensiva del sistema.

Mantenimiento (perpetuación en el tiempo, reproducción simple) de una estructura.² El resultado de la autopoiesis es preservación de una determinada configuración a lo largo de la trayectoria de la unidad o "máquina" autopoietica. Se dice *heteropoiesis* cuando el proceso además de reproducirse a sí mismo simultáneamente produce otras cosas; se dice *alopoiesis* cuando las relaciones de producción se controlan desde fuera; y *neopoiesis* cuando el proceso permite integrar novedades. La cultura es un mecanismo neopoietico por definición.

Autopoiesis, reproducción, evolución son etapas de ese continuo que es la vida (Margulis y Sagan 1996: 176).

Véase: autoorganización, autorreproducción, relaciones de producción.

autoridad. Derechos asignados de toma de decisiones (Adams [1975] 1983: 286). Una persona o un grupo que ejerce -o puede ejercer- el poder sobre otros en virtud del control de ciertas formas o flujos de energía (47). La autoridad sólo existe porque tiene control (41), los demás usos del concepto se dan por extensión metafórica.

Véase: poder asignado.

autorregulación. Las ideas centrales de los sistemas de autorregulación son simples. Cada sistema operativo, desde un artefacto para bombear aire hasta un organismo de primate, exhibe un patrón característico de comportamiento y requiere cierta energía y un hábitat favorable para su operación continua. Un sistema cesará de funcionar cuando las variaciones en su ingreso de energía o los cambios en su ambiente interno o externo sean muy grandes. Lo que distingue un sistema automáticamente controlado es que posee componentes que mantienen por lo menos algo de sus procesos típicos a pesar de tales variaciones excesivas. Al aumentar la necesidad, estos componentes emplean una pequeña parte de la energía provista al sistema para aumentar o disminuir el volumen total de dicha energía, o de algún otro modo compensar los cambios ambientales. Aún estas nociones elementales nos dan pistas fructíferas para entender no sólo los sistemas de control automático inanimados, sino también los cuerpos orgánicos y sus interrelaciones. No hay ningún sector de la naturaleza en que el suceso de los sistemas de autorregulación se pueda considerar como tema de brujería oracular. (Ernest Nagel, Automatización, *Scientific American* 1999)

cambio cultural. Secuencia de procesos de crecimiento y desarrollo de una sociedad. (...) La tasa del cambio cultural es proporcional a la tasa de conversión de energía realizada dentro del sistema (Adams [1975] 1983: 304). El *crecimiento* es el aumento de biomasa y el *desarrollo* se manifiesta como el aumento del insumo energético *per capita* (215).

Véase: evolución social, crecimiento y desarrollo.

caos. En la mitología griega *caos* es la matriz primigenia de la creación. El contexto en el que el concepto de caos adquiere significado técnico preciso es la termodinámica de no equilibrio y la teoría de sistemas dinámicos; se trata del "caos determinista", que está relacionado con la sensibilidad del sistema a las condiciones iniciales, debida a la cual cambios muy pequeños llevan al sistema por derroteros

impredecibles, como sucede con el "efecto mariposa" de Lorenz. El "caos determinista" es una característica de sistemas simples o complejos cuya evolución muestra los elementos de ordenamiento, tanto como los de incertidumbre. Las fluctuaciones caóticas de estos sistemas no se deben a causas externas (ruido ambiental), sino a la dinámica interna del sistema. El caos determinista (caos dinámico, caos creativo, caos estocástico) es un caldo de cultivo para la autoorganización y se distingue del "caos duro", que es aleatoriedad pura.

Véase: no equilibrio.

causalidad circular. Realimentación, causalidad recíproca característica del sistema cibernético, mediante la cual el sistema ejerce el autocontrol.

Por lo demás, el término "causalidad circular" resulta desafortunado porque implica un proceso reversible o cíclico. Si se introduce la dimensión temporal, no puede haber circularidad real en el proceso. Por esa misma razón, un sistema no puede controlarse o desencadenarse a sí mismo, ya que su estado futuro no será nunca exactamente el mismo que el que activó el detonador. Algún esfuerzo se ha hecho para corregir la ausencia de la dimensión temporal recurriendo a la idea de procesos "en espiral". Pero esa solución supone un problema adicional, ya que implica la existencia de una dirección predeterminada (Adams [1988] 2001).

Véase: realimentación, feedback, autodetonación, detonación mutua.

cibernética. Teoría de control. La ciencia que estudia sistemas autorreguladores, la recursividad y el papel de la información. El concepto de «control» se refiere a la capacidad de autorregulación, no al dominio de una parte sobre el todo.

civilización. El control de la energía humana (Adams [1988] 2001).

clímax. El estado de un ecosistema de máxima biomasa y mínima tasa de renovación, en el que la variedad de especies y las relaciones entre ellas muestran un máximo de posibilidades.

coaxial. La *estructura coaxial* es un conjunto inclusivo de *vehículos de supervivencia*, desde los primarios hasta los políticos, construido en niveles sucesivos, cada uno de los cuales se crea a partir del insumo proveniente de una pluralidad de organizaciones previamente existentes (Adams [1988] 2001: 225). Las estructuras coaxiales son las principales macroestructuras de la organización social humana (226).

código. Ordenamiento de sucesos. No necesariamente implica el control ni un poder diferenciado (véase Adams [1975] 1983: 233).

coevolución. La evolución articulada de dos o más entidades taxonómicas que tienen relaciones ecológicas muy cercanas, pero que no intercambian genes y sobre las cuales operan presiones selectivas recíprocas que hacen que la evolución de cada uno de esos grupos taxonómicos se vuelva parcialmente dependiente de la evolución del otro (Pianka 1978: 222; citado en Adams [1988] 2001).³

combinación energética. Una selección particular entre diversas formas energéticas a disposición. La cultura permite combinaciones nuevas entre las formas energéticas. Las formas cognitivas sirven de sustrato para el ensamble de estructuras disipativas humanas y no humanas.

complejidad. Interdependencia de formas energéticas heterogéneas. Característica de un sistema de componentes múltiples y variados. Propiedad del sistema que indica su estatus disipativo o la tasa de disipación (véase Adams 2001 [1988: 66]); esto es, su alejamiento del estado de equilibrio. Los sistemas complejos son conjuntos que no pierden la *memoria* de las condiciones iniciales. Evolucionan obedeciendo las mismas leyes de la termodinámica que los sistemas aislados.

La complejidad no es lo mismo que el orden. La complejidad puede ser ordenada o desordenada, el orden puede ser complejo o simple (Adams [1975] 1983: 146). La complejidad es característica de un sistema que existe entre el orden y el caos.

(...) la complejidad es, de suyo, un sistema de información (Boulding 1968: 162). Esta complejidad se puede medir con la fórmula de Shannon.

Un sistema social complejo es aquel que consta de varios niveles de integración.

complejidad funcional. Organización. Un conjunto de partes funcionalmente vinculadas (Adams 2001 [1988: 73]).

Se debe distinguir de *orden*, el concepto definido en matemática por oposición al azar. Las estructuras biológicas no están «ordenadas» en el sentido prescrito por la teoría de la información; más bien están «organizadas». La segunda ley actúa para disipar el orden, no la organización; la organización tiende a acumularse a expensas del orden (Wicken 1979: 362).

Los sistemas complejos dependen de la división de trabajo entre sus partes que surge del proceso de competencia y colaboración. La organización no tiene sentido sin intencionalidad (véase *pensamiento teleonómico*).

complejo energético. El continuum de masa-energía-información. La energía como el marco de referencia universal. La energía está involucrada en todo, no hay manera de considerarla como una "causa" externa (Adams 2001 [1988: 7]).

condiciones de contorno. Constreñimientos o ligaduras impuestas por el medio. Para un sistema que recibe el componente *A* del ambiente y lo transforma en un producto final *F* que regresa al ambiente, el constreñimiento consiste en valores de la concentración inicial y final de los productos *A* y *F* en el ambiente (Prigogine 1962). Véase teorema de la producción mínima de entropía.

confrontación. Mensaje que no es posible desatender (Bailey 1970: 104, citado en Adams [1975] 1983: 94). Relación de carácter conflictivo y/o cooperativo, que es propia de un determinado nivel de articulación (véase [1975] 1983: 102).⁴

constreñimientos. Parámetros físicos que definen lo que es actual y lo que es posible. Ligaduras impuestas por el medio.

construcción. Proceso de configuración de formas o flujos energéticos que se da como resultado de la disipación de energía. El proceso de transmisión de la herencia (biológica, fisiológica, conductual, social) que consiste en transferir una serie de instrucciones para formar estructuras.

En la medida en la que la disipación de energía produce perturbaciones, toda actividad humana construye y destruye simultáneamente, produce y consume al mismo tiempo (...) y ambos procesos son esenciales para la autoorganización

(Adams [1988] 2001).⁵

control. Acción del mecanismo detonador que consiste en liberar o inhibir el flujo energético. Autorregulación: proceso energético que consiste en acoplamiento entre dos flujos, el sustancial y el regulatorio, característico de estructuras disipativas con capacidad autorreproducción.

La dicotomía *control/fuera de control* es una metaclassificación lógica que se aplica en las transformaciones en los modelos estructuralistas (véase Adams [1975] 1983: 202).

Lo que está estructurado, está fuera de control. Dicotomías como orden/desorden, puro/impuro, natural/sobrenatural, cultura/naturaleza, implican una diferencia entre ciertos aspectos del mundo que están relativamente al alcance de nuestro control y aquellas que están relativamente fuera de nuestro control; (...) llevan implícita una distinción entre aquella parte del universo que tiene sentido para el hombre, que es congruente con el orden significativo para él, y la otra parte que amenaza con el desorden y caos (Adams 1978: 74).

La posición adoptada aquí sostiene que, aunque el hombre realmente sus deseos al mundo que va conformando, este mundo, incluyendo las contribuciones del hombre a su conformación, es un sistema natural cuyas dimensiones mayores están determinadas por leyes y factores que escapan a su control (Adams 1978: 20).

(...) en situación de no equilibrio en ningún caso se puede hablar del control total de los resultados constructivos y destructivos del mismo flujo. Es más, toda conversión energética -que por definición desemboca en estructuración- pone fuera de control una porción del ambiente. (Adams [1988] 2001).

Cuando hablamos del control del hombre, nos referimos específicamente a su capacidad física y energética para reordenar los elementos de su ambiente, tanto en términos de sus posiciones físicas como de las conversiones y transformaciones energéticas a otras formas espacio-temporales. El hombre se adapta por medio del control (Adams 1978: 22).

Véase: autorregulación, homeostasis.

En la *teoría del poder social*: presencia de un poder diferenciado o de algún tipo de autoridad.

control del ambiente. Toma y ejecución de decisiones acerca del ejercicio de una tecnología (Adams [1975] 1983).

Quien ejerce el control puede ser un individuo o alguna unidad social que posea una estructura propia de poder interno. La noción de control incluye necesariamente la toma y ejecución de decisiones, aunque las dos fases no se ejerzan necesariamente por la misma entidad social [ni en el mismo tiempo]. El mérito del concepto de *control* en esta discusión es el establecimiento de la importancia relativa de los actores (Adams [1975] 1983: 29).

conversión energética. Estructuración del ambiente interno o externo (Adams [1975] 1983: 119).

coordinación/centralización. La característica crucial de los procesos de identificación, coordinación y centralización es que *la centralización de una unidad suele ocurrir como parte de la coordinación de esa unidad con otras unidades*. Dicho de otro modo, la centralización de una unidad en un nivel es un lazo dialéctico con la coordinación de esta unidad con otras del nivel siguiente. Por eso todos los niveles, excepto el más alto, experimentan necesariamente toda la secuencia de crecimiento. En

cualquier punto de la evolución, el nivel superior será un conjunto coordinado de relaciones, aunque puede mostrar tendencias oscilatorias hacia la centralización y hacia el sentido contrario. Ocurre así porque la centralización en un nivel es simultánea con la coordinación en un nivel siguiente (Adams [1975] 1983: 233).

En la evolución de los sistemas de poder podemos observar que el proceso de centralización debe utilizar relaciones sociales básicas distintas a las de las empleadas en los procesos de coordinación o en la centralización anterior (Adams [1975] 1983: 183). Cuando surge un nuevo nivel de integración, el idioma particular de las relaciones que servían como redes de coordinación y de las que servían para centralizar las unidades componentes se ve desplazado a medida que se impone la nueva centralización. Por ejemplo, la religión ha servido para coordinar los reinos, pero no ha servido como instrumento centralizador de las naciones (296).

costo energético de producción. La cantidad de energía necesaria para accionar el mecanismo detonador.

crecimiento/desarrollo. Hay crecimiento cuando aumenta la producción de los tipos corrientes de mercancía. Desarrollo significa la introducción de innovaciones tecnológicas, económicas, organizacionales, políticas y demás, con el aumento consecuente de la productividad *per capita*. (Schumpeter, citado por Georgescu-Roegen 1975)

La evolución combina estrategias y patrones a largo plazo. Una estrategia consiste en multiplicar redes de captura de energía ya existentes y otra, en fabricar redes nuevas, más refinadas y complejas. La primera de las estrategias mencionadas, la de proliferación de sistemas autorreplicantes, es el *crecimiento*; la segunda, que consiste en la implementación de sistemas autorreplicantes inclusivos, es el *desarrollo*. El crecimiento es, simplemente, un aumento de más de lo mismo (de moléculas autocatalizadoras, biomasa, individuos, comunidades, etcétera); el desarrollo, en cambio, depende de asociaciones de formas energéticas que resulten ser dispositivos novedosos, los que capturan flujos energéticos de mejor calidad. En términos de Zotin estaríamos hablando de dos fases evolutivas, de "fase constitutiva" y "fase inducida", respectivamente. Marx introdujo la distinción entre la "reproducción simple", que equivale al crecimiento, y la "reproducción ampliada", que es el desarrollo.

Véase: evolución social, cambio cultural.

crisis energética. Está claro que el meollo de nuestra crisis energética actual es nuestra carencia de instrumentos de regulación [*triggers*] adecuados, en cantidades suficientes, para canalizar de modo eficaz y liberar de modo estratégico las grandes cantidades de energía que nos rodean por todos los lados. Los propios detonadores requieren un gasto de energía (también denominado como costo energético de producción), y es muy importante determinar la razón que hay entre la cantidad de energía gastada en la activación del detonador y la energía liberada por el sistema. (Adams [1975] 1983: 137)

cuarta ley de la termodinámica. Según Nicholas Georgescu-Roegen ([1985] 1996), "*matter matters too*": La materia no disponible no puede ser reciclada. Un sistema cerrado no puede realizar indefinidamente trabajo a un ritmo constante.

En la teoría de sistemas dinámicos se habla de la cuarta ley como de "ley de organización", pero hasta ahora nadie pudo formularla de manera convincente. Un intento: "independencia del sistema de la *incertidumbre* del entorno"

(Wgensberg 1998: 64). Howard Odum interpreta el principio de Lotka como el "principio de la máxima potencia" y lo propone como la cuarta ley de la termodinámica (Odum 1983: 101).

cultura. Capacidad para inventar símbolos (Adams [1975] 1983: 26). Libre capacidad de construir significados y asignarlos donde es conveniente, más que donde sería apropiado (Adams 1978: 29). Autoorganización de formas simbólicas a través de la transferencia de información (Adams [1988] 2001).

(...) *conjunciones particulares* de lo energético y lo mentalístico (Adams 1978: 63). Un complejo mecanismo catalítico que se explica en términos del principio de Lotka.

Cultura es el nombre de un nuevo género de complejidad que proporciona un "ambiente benigno" formado por y para los sistemas de un orden suprabiológico, en el que los procesos evolutivos prebióticos se amalgaman con los orgánicos y éstos, con los sociales.

Todas las relaciones sociales se fundan en la premisa de la equivalencia de significados que existen con respecto a alguna forma energética «x». Podemos decir que existe la cultura cuando existe la equivalencia de significados con respecto a «x». (...) La cultura incluye las regularidades que ocurren porque el comportamiento humano sigue simultáneamente las leyes de la energía, por una parte, y las reglas de la estructuración mental por la otra (Adams [1975] 1983: 125 y 126).

La cultura es un patrón holístico y como una abstracción que es no puede servir al mismo tiempo de herramienta analítica para explicarse a sí misma. Mientras el concepto no forme parte de una teoría, que indique su dinámica correspondiente, no hay manera de concebir cómo pueda afectar los sucesos (Adams 1982: 121).

Una característica distintiva de la sociedad humana es que la cultura permite la incorporación de procesos disipativos menores en estructuras disipativas de mayor envergadura (Adams [1988] 2001: 65).

Las dinámicas inherentes a la cultura son, como insiste Bateson (1979), estocásticas. Toda trasforma de una configuración, todo esfuerzo por reproducir información en otro receptor, introduce implícitamente el error y el cambio. Por lo demás, cualquier esfuerzo de ese tipo es forzosamente disipativo en sí mismo y, por tanto, inherentemente dinámico y potencialmente generador de acontecimientos ulteriores. La intervención periódica de los sistemas nerviosos humanos introduce una dinámica particularmente intensa de autoorganización. Así pues, "reproducir" la cultura con cualquier grado de exactitud exige siempre un gasto de energía, una nueva fuente de potencial de trabajo. La cultura existe en este proceso disipativo de regeneración y ejecución, aun cuando cada una de esas acciones sea, en alguna medida, original. La cultura actúa como la "máquina no trivial" de Von Foerster (1973: 106), aquella que "tiene la propiedad de convertirse, cada vez que desarrolla una operación de cómputo, en una máquina nueva" (Adams [1988] 2001).

La cultura no reside en la separación de lo humano respecto de lo no humano, sino en la separación y recombinación de lo mental y lo energético en estructuras simbólicas unificadas. Esta unificación arbitraria es esencial para el funcionamiento de la cultura, y es en la debilidad de esa unificación donde residen el potencial y la dinámica constantes del cambio cultural (Adams [1988] 2001).

La peculiaridad humana reside en el hecho de que la cultura no solamente ofrece al individuo un repertorio amplio de elementos ambientales que pueden emplearse como instrumentos, sino que también permite el ejercicio del poder social, ejercicio que puede trascender el espacio y el tiempo. El uso de otros

individuos como “instrumentos” da lugar a la construcción de una compleja estructura de poder.

darwinismo. El modelo darwiniano propone como punto de partida la diversificación no determinada (no planeada, no dirigida, no previsor) de los organismos más la selección (el éxito reproductivo diferencial), cuyo resultado es la evolución de las especies.

Los antropólogos han utilizado este paradigma por generaciones, aunque sin identificar su dinámica, esto es, el papel de la selección natural (Adams [1988] 2001: 139).

darwinismo social. Doctrina según la cual la selección natural mediante la lucha por la existencia entre los individuos y el triunfo de los más aptos es aplicable a la realidad social humana. Idea atribuible a Herbert Spencer, no a Charles Darwin, cuyo nombre implica por error. El “darwinismo social” debería llamarse “specerismo biológico” (Harris 1968).

demonio de Maxwell. Metáfora heurística de un “agente ordenador” en un sistema aislado. En su *Teoría del calor* (1871), en una breve nota final, Maxwell propone un ejercicio de imaginación para sugerir la mera posibilidad de disminuir la entropía sin realizar trabajo.

Imaginemos un ser – dice el autor- cuyas facultades sean tan agudas que le permitan seguir el recorrido de cada molécula; este ser, cuyos atributos serían, sin embargo, tan esencialmente finitos como los nuestros, sería capaz de hacer lo que para nosotros es imposible. (...) Imaginemos ahora que un recipiente lleno de moléculas de gas está dividido en dos porciones, A y B, por un tabique en el que hay un pequeño orificio y que un ser capaz de ver las moléculas individuales abre y cierra ese orificio para permitir que sólo las moléculas más rápidas pasen de A a B y sólo las más lentas pasen de B a A. Logrará así, sin gasto de trabajo, elevar la temperatura de B y bajar la de A, en contradicción con la segunda ley de la termodinámica.

La ocurrencia de Maxwell generó un debate interminable porque es la única puesta en duda de la segunda ley que se discute en la ciencia, eso a pesar de que es muy fácil “exorcizar” al demonio. La fantasía de Maxwell adquirió el nombre de “demonio” (el autor nunca utilizó ese término) para distinguirlo de un dios, que es esencialmente infinito, y que funge como el primer motor y el garante de la causalidad universal (véase Hayles 2000). El sinónimo del “demonio de Maxwell” es la “estructura clasificatoria”, la cual utiliza información para distinguir entre la entropía baja y la alta.

En la ciencia de la complejidad se habla del “demonio de la no linealidad”, que se esconde tras todo proceso de cambio energético. Se trata también una metáfora heurística, esta vez para insinuar un agente ordenador en la combinación de sucesos aleatorios y de selección, de la cual surge un patrón evolutivo.

diferencia. La naturaleza de la información, según Gregory Bateson (1979).

La formulación de distinciones binarias, o sea la capacidad de identificar algunas cosas como similares y otras como diferentes, forma la base de casi todo nuestro pensamiento, tanto consciente como inconsciente. Bateson sugirió que esta diferenciación tiene su origen en la distinción entre la codificación y la transmisión que ocurre dentro del cuerpo humano de las que ocurren en el exterior. Esto inevitablemente crea discernimiento de los contrastes, y Bateson sugiere que son

estas diferencias las que en efecto constituyen la génesis de lo que concebimos como ideas (Adams 1978: 63).

Independientemente de lo que sea el mundo real, las distinciones que tracemos deben concordar con nuestras estructuras mentales (Adams [1975] 1983: 175). La diferenciación binaria (el modelo mental de oposición- semejanza) es el mecanismo fundamental para los análisis estructurales de Lévi-Strauss (175).

determinismo. El determinismo significa que si somos capaces de llegar a conocer el presente, podemos predecir el futuro, así como desentrañar el misterio del pasado. La reversibilidad temporal conlleva la idea de que el presente y el futuro desempeñan la misma función (Prigogine 1995).

Concreción precisa y exacta de un objeto cuya realidad se pretende hallar y delimitar. Doctrina según la cual todos y cada uno de los acontecimientos del universo están sometidos a las leyes naturales.

Por determinismo se entienden dos cosas: (1) la acción condicionadora o necesaria de una causa o un grupo de causas; (2) la doctrina que reconoce la universalidad del principio causal y que, por lo tanto, admite también la determinación necesaria de las acciones humanas por parte de sus motivos (Abbagnano, *Diccionario filosófico*).

diferencia Prigogine-Adams. La diferencia entre los sistemas disipativos descritos por Prigogine y los sistemas disipativos sociales, es que estos últimos no muestran nada inherente a su estructura que los obligaría a permanecer en el estado estable (Adams 1982: 27). Prigogine, a su vez, no cree que los sistemas sociales sean realmente estructuras disipativas.

Somewhere, and I do not remember where, Prigogine states that he does not believe that social systems really are dissipative structures. I simply did not follow him on this view. The reason that I did not follow him was that for me a model is a mental construct that is formed in accord with the the needs and interests of the modeller, as well as being designed to represent the reality that it is supposed to resemble. So, for me, Prigogine et al produced a model that was effective for their purposes in modelling aspects of the physical universe. I borrowed that model to see how it would work with the social universe. It seemed to me to work extremely well, although the universe did not everywhere model exactly like the physical universe. It did not, for example, seem to follow the principle of minimum dissipation. That seemed all right to me because not all physical systems seek minimum dissipation. Some collapse or explode into fragments. If we take "minimum dissipation" to include the condition of total social fragmentation, then it might also apply to social systems (Adams, comunicación personal).

disipación. Flujos energéticos en pos del equilibrio termodinámico. Proceso descrito con precisión matemática por la segunda ley para los sistemas aislados. Para los sistemas abiertos no hay demostración formal de cómo opera dicha ley. Para abordar este problema Prigogine y sus colaboradores elaboraron en la década de los 70 la termodinámica de no equilibrio, el teorema de la mínima producción de entropía y la teoría de sistemas disipativos. Estos nuevos conceptos resultaron ser más útiles que los de la termodinámica clásica, porque en el régimen de no equilibrio la disipación provoca perturbaciones y realiza trabajo, además de la entropía y la reducción concomitante del potencial. Nada ocurre sin disipar energía. Según Nicolis y Prigogine, "la disipación de la energía es la *fuera motriz* de la

evolución" (1977: 442).

Una categoría especial de procesos disipativos representan los que incorporan el manejo de la información, mediante el cual pueden anticiparse a los cambios ambientales. Es así como la disipación genera estructuras de no equilibrio cada vez más complejas y de un mayor estatus disipativo. En cuanto a los procesos disipativos sociales, su característica más notable es que son neopoéticos: la cultura permite la incorporación de procesos disipativos en estructuras mayores (Adams [1988] 2001), con lo cual obedece a la segunda ley, la suprema ley de la evolución.

disipativo. Sinónimo de entrópico, el que desgasta el potencial energético y engendra trabas; que genera acontecimientos ulteriores.

Proceso/forma energética que requiere para su perpetuación de un constante insumo de energía (Adams 1995: 41).

domesticación. Coevolución de especies que no intercambian el material genético.

dominio. Construcción de poder. Un conjunto de relaciones en el que hay dos o más actores o unidades de operación con el poder relativo desigual. De acuerdo con el tipo de acceso que tienen los subordinados al superordinado tenemos *dominios unitarios*, con un sólo acceso; *dominios múltiples*, con accesos por canales numerosos, y *dominios mixtos*, con dos o más niveles de acceso (véase Adams [1975] 1983: 86). El paso de un dominio unitario a un dominio múltiple es uno de los cambios estructurales más importantes de los últimos años en el campo del desarrollo económico y político (Adams [1975] 1983: 89).

Mientras el incremento de niveles indica una concentración del poder, un aumento de los dominios marca necesariamente una diferenciación o división de los poderes (Adams [1975] 1983: 109).

dualismo/monismo. Artificios metodológicos provisionales. En la energética de Adams la imposibilidad de investigar con las mismas herramientas los procesos energéticos y los modelos mentales [*mentalistic processes*] obliga a tratarlos como si fueran dos procesos de naturaleza distinta. No lo son. La distinción entre la "expansión energética" y la "reducción mental" es una mera conveniencia metodológica. Asimismo, entre el "control del medio" y el "poder social".

Sospecho que lo que se encuentra detrás del rubro "mental" es también de naturaleza energética, pero las investigaciones realizadas en tales áreas no nos han proveído de herramientas adecuadas para manejar los sucesos en términos de la energética. Lo mental y lo energético son en todo caso aspectos o fases de una cadena singular o de un devenir complejo del mundo externo y, en términos generales, carece de sentido proponer que alguna de las fases o de los aspectos debería colocarse en una relación causal con la otra (Adams [1975] 1983: 307).

ecología. Estudio de los escenarios de las conversiones energéticas y de sus mecanismos de regulación.

La *ecología* nos enseña un importante principio general acerca de la supervivencia de los sistemas vivos. Tanto los individuos como las sociedades pueden mantener la esperanza de continuar en condiciones viables sólo mientras su ambiente permanece en condiciones de aprovisionarlos con cosas que ellos necesitan (Adams 1982: 1).

Un principio ecológico bien establecido es que un organismo o una población se desarrollan no de manera independiente, sino como parte de su

medio. La idea de que la sociedad tiene que proveer sus propios insumos y simultáneamente velar por los flujos que sustentan su ambiente, de ningún modo es una novedad. Este proceso de abastecerse a sí mismo y, a la vez, de proveer el medio es una idea central en el presente estudio (Adams 1982: 22).

economía. Proceso de autorregulación de una sociedad basado en el uso-manejo-explotación de "recursos" (trabajo, capital, tierra, tecnología, combustibles, recursos humanos, mercado, precios, recursos naturales y otros).

La forma como una sociedad se regula a sí misma es enteramente ajena a la genética. Es, más bien, resultado de prácticas pasadas proyectadas sobre la experiencia y el prejuicio. Y en esto consiste precisamente la autorregulación, independientemente de que la llamemos "cultura", "economía" o como queramos. (Adams 2001: 322)⁶

ecosistema. Un sistema de intercambios tróficos dentro de un área geográfica limitada (Rappaport 1979: 29).

Un ecosistema presenta las características de una estructura disipativa. Su dimensión última depende del volumen de energía que logra incorporar; tiene una trayectoria vital que, bajo condiciones más o menos constantes, llegará a manifestar un estado estable. Se constituye por una combinación de estructuras en equilibrio y estructuras disipativas (Adams 1978: 48).

ecotono. El espacio en el que confluyen y se amortiguan dos ecosistemas distintos.

efecto mariposa. El más mínimo de los hechos puede desencadenar una concatenación de los acontecimientos y cambiar el destino de una persona, una nación y hasta el mundo entero. Se dice, un poco en broma, un poco en serio, que una mariposa aleteando en algún lugar de Asia puede desencadenar una devastadora tormenta en América dentro de un mes. El nombre «efecto mariposa» es de Lorenz, meteorólogo norteamericano, quien lo fundamentó matemáticamente dando lugar al concepto de no linealidad y estocasticidad. La racionalidad científica se debate entre el determinismo sin excepciones y la confabulación del azar, un problema inconmensurable. No hay hecho, por humilde que sea, que no implique la historia universal y su infinita concatenación de efectos y causas, tan vasta y tan íntima que acaso no cabría anular un solo hecho sin invalidar el presente, dice Borges en *El Aleph*.

eficiencia energética. El estudio de todos los flujos energéticos necesarios para llevar a cabo algún proceso o proyecto, a fin de establecer si el trabajo realizado valió la pena o no desde el punto de vista de la economía energética (Counihan 1981: 50). Coherencia entre una determinada imagen mental y el desempeño energético de una forma (Adams [1975] 1983: 229).

eficiencia entrópica. Apremio entrópico [*entropic predicament*] al que está sometido un sistema abierto, que debe obtener la misma cantidad de baja entropía con menos gasto de su propia energía libre (Georgescu-Roegen 1996: 381).

Propiedad de sistemas abiertos que trabajan a una tasa mínima de producción de entropía específica, medida esta última por unidad de volumen, masa o estructura (Hamilton 1977).

Proporción entre la energía procesada y la estructura mantenida.

eficiencia termodinámica. Diferencia de temperatura entre la fuente y el sumidero (Carnot).

energética. Nombre completo: energética de la sociedad. Marco teórico elaborado por Richard N. Adams para el análisis de la sociedad en tanto flujo energético. El estudio antropológico de los procesos energéticos (Adams [1975] 1983: 128).

Todo lo que tiene alguna relación con nosotros posee como una de sus dimensiones la cualidad energética, esto es, en determinadas circunstancias ambientales puede realizar trabajo (Adams 1982: 12). En última instancia podemos tratar solamente con formas energéticas, y éstas siempre combinan información y potencial disipativo (Adams [1988] 2001).

energía. Variable independiente que define el estatus termodinámico de un sistema. La energía está involucrada en todo, no hay manera de considerarla como una "causa" externa (Adams 2001: 46).

Denominador común de las partes operativas del universo. Característica que se conserva en todas las conversiones.

Medida cuantitativa de trabajo para todos los procesos que permite establecer el principio y el fin de una acción (Adams [1975] 1983).

entropía. Índice de energía no disponible en un sistema aislado (Clausius). Medida de desorden molecular (Boltzmann). Magnitud que mide el grado de ordenación de un sistema o la distancia que separa el sistema de su estado homogéneo (Wagensberg). Propiedad de los cuerpos o sistemas físicos que permite cuantificar la eficacia de las transformaciones energéticas. Propiedad extensiva del sistema físico medible como *entropía específica*. Índice medio de la distribución de la energía total dentro de un sistema (Georgescu-Roegen 1996: 57). Un índice de la cantidad relativa de energía dependiente [lo contrario de energía libre] existente en una estructura aislada o, más exactamente, de cuán equitativamente se distribuye la energía en semejante estructura (50).

Por extensión, proceso de degeneración espontánea, base de la creatividad en la naturaleza.

entropía alta, entropía baja. Medida de proximidad al equilibrio. Todas las cosas vivas muestran una entropía baja: mantienen un nivel alto de desequilibrio interno y abundante información (Lovelock 1991). La segunda ley afirma que la entropía baja deviene continuamente en entropía alta. [Ojo: no confundir con "alta" y "baja energía".]

entropía específica. Producción de entropía medida en calorías por unidad de masa, volumen, temperatura. [¿Podría medirse por unidad de estructura, en bits de información, por ejemplo?]

epistemología. Estudio del estudio.

epistemología evolucionista. Conjunto de problemas que plantea un uso heurístico de la teoría de la evolución dentro y fuera de la biología. La idea está resumida en Ruiz y Ayala 1998.

epistemología constructivista. En un sentido general, tomando en cuenta el uso de este concepto en matemáticas, lógica y arte, es una aplicación del principio

anunciado por G. B. Vico, *verum ipsum factum [est]*, que puede interpretarse como "el ser humano entiende sólo lo que él mismo ha hecho", así como una interpretación de los planteamientos de I. Kant que afirma, genéricamente, que "sólo conocemos *a priori* de las cosas lo que nosotros mismos ponemos en ellas" y de un modo concreto, al especificar la forma de conocer propia de las matemáticas, que es característica suya construir sus propios objetos. (Diccionario Herder de filosofía en CD Rom 1993)

El lema del constructivismo es "sólo entendemos aquello que podemos construir". El conocimiento consta de lo dado a la conciencia (las reglas, la sintaxis, el algoritmo) y lo que aporta el material empírico (los hechos, los objetos reales, las cosas y las sensaciones que nos imprimen). Un ejemplo: cuando digo que tengo la mente y el cerebro, el alma y el cuerpo, el ego y el superyo, los genes y los instintos, la naturaleza y la cultura, el tal "yo" es un constructo, luego existe.

La construcción del objeto de conocimiento tiene que darse en términos falsables (Popper).

equilibrio local. Hipótesis central de la termodinámica de procesos irreversibles. Estado estacionario hacia el cual evoluciona un sistema termodinámicamente abierto.

Consideremos un sistema caracterizado por n fuerzas termodinámicas, k de las cuales se mantienen fijas mediante ligaduras impuestas desde el exterior. (He aquí otra noción de complejidad, aunque rudimentaria todavía, pues el número natural n indica el número de variables necesarias para determinar un estado de sistema, esto es, el número de sus grados de libertad.) Experimentalmente se observa que, con independencia de la configuración inicial de las $n-k$ fuerzas libres, el sistema alcanza tarde o temprano un estado en el que todas las fuerzas -y por lo tanto todos los flujos que de ellas derivan linealmente- son constantes en el tiempo. Un *estado estacionario* preparado de esta manera se llama el estado estacionario de orden k . (Wagensberg 1985: 36)

Uno de los conceptos más balbuceados en la física estadística durante los últimos veinticinco años, es el concepto de un estado "lejos de equilibrio termodinámico". (...) Fuera del equilibrio termodinámico, perfectamente establecido ya hace más de ochenta años, el único régimen del que tenemos una concepción más o menos concreta, es el de equilibrio local. (...) La hipótesis del equilibrio local, fundamental en la estructura de la termodinámica irreversible lineal, establece que en el caso de un fluido, la entropía de un sistema alrededor de un punto de espacio y a un tiempo dado, guarda la misma relación con otras variables locales, como la densidad de energía y de masa, que en el equilibrio termodinámico.

(...) El problema que ha interesado a físicos, químicos y biólogos en los últimos treinta años es la relación entre las ecuaciones que gobiernan a los sistemas disipativos no tanto en su origen microscópico, sino más bien como una consecuencia de los métodos fenomenológicos que caracterizan a la termodinámica irreversible lineal. La idea en principio es sencilla, su desarrollo cuantitativo, a pesar de ostentosas aseveraciones de haber sido ubicada en contexto termodinámico (Glansdorff y Prigogine 1971, Nicolis y Prigogine 1977, Prigogine 1980) aún es más un programa que un hecho (García-Collín 1989: 162, 165).

equilibrio. Estado de no disipación; estado meta estable, relativo a las circunstancias ambientales, no a la interacción de la forma energética con su medio (Adams 1978:

147).

En estados en que las formas presentes no pueden realizar trabajo, debido a determinadas circunstancias *ambientales*, se dan condiciones de *equilibrio* en sentido estricto. Las formas energéticas que no tienen la capacidad de realizar trabajo sólo interesan en la medida en que puedan influir, como parte del ambiente, el desempeño de las que sí pueden realizar trabajo (Adams 1982: 12).

Un estado de equilibrio define las condiciones bajo las que una forma energética dada puede esperar persistir. El término "estabilidad" se refiere al grado hasta el cual una forma energética retiene su forma espaciotemporal, una organización y una articulación interna particulares. El proceso es diferente para las estructuras en equilibrio, que dependen por completo del ambiente benigno, y para las estructuras disipativas, que gozan de cierta autonomía respecto del ambiente. En los sistemas disipativos el equilibrio tiene que ver con irregularidades de corto plazo y es la aptitud para absorber las fluctuaciones, que conduce al estado estable (Adams [1988] 2001).

Estado estable de la materia, del cual no se puede extraer más energía. Nada en este planeta está en estado de equilibrio (Lovelock 1991: 21). El autor se refiere al equilibrio termodinámico.

equilibrio termodinámico. Cero producción de entropía.

Estado. Se define el Estado como poseedor de una organización de toma de decisiones *jerárquicamente estructurada*. La jerarquía, o especialización vertical, permite la coordinación de sistemas especializados en sentido horizontal (Johnson 1973: 3-4, citado en Adams [1975] 1983: 110).

Un Estado puede reconocerse como una sociedad donde las organizaciones especializadas en la toma de decisiones reciben mensajes provenientes de muchas fuentes diferentes, traducen estos mensajes, los complementan con datos previamente almacenados, toman decisiones efectivas, almacenando el mensaje y la decisión, y transmiten de regreso las decisiones a otras organizaciones (Wright, citado en Adams [1975] 1983: 279).

El concepto de Estado (en su acepción muy general) debe considerarse como parte de una de las dicotomías intelectuales entre las que podemos incluir status/contrato, mecánico/orgánico, *Gesellschaft/Gemeinschaft*, folc/urbano, tradicional/moderno; todas estas dicotomías siguen teniendo alguna utilidad, incluida la de pre-Estado/Estado (Adams [1975] 1983: 230).

estado estacionario. Que no cambia con el tiempo. Su nombre completo es *estado estacionario de no equilibrio* (sólo posible en este régimen). Resultado estocástico de la fluctuación constante de todo proceso de autoorganización.

Un grado conveniente de continuidad que mide la proporción entre la energía procesada y la estructura mantenida de un sistema complejo (Hamilton 1977).

Véase *equilibrio local*.

La fase de «madurez» en la evolución de un sistema disipativo, en la que el ingreso y el egreso permanecen iguales gracias a la acción de los mecanismos reguladores. Mantenimiento de un balance constante o proporción controlada entre insumos y productos (Adams 2001 [1988: 25]). El estado estacionario implica la obtención de cierta clase de equilibrio con el ambiente, y este equilibrio es disipativo (Adams [1975] 1983: 148).

Las sociedades difieren de otros tipos de estructuras disipativas en la realización del estado estable. Al definir estructuras disipativas en química y física,

Prigogine indicó que la presencia del estado estable es la característica que las identifica como tales. Sin embargo, las sociedades participan en la expansión-para-la-supervivencia, que es característica de la vida misma. Una sociedad mantiene el estado estable solamente cuando existe alguna restricción del insumo, la cual inhibe continuar la expansión. Es verosímil que tales constricciones de insumo puedan atribuirse en última instancia a limitaciones ambientales. Pero en la interacción que constituye la vida, con frecuencia resulta difícil determinar el "origen" de una cadena de acontecimientos, y la complejidad interna de las estructuras puede proporcionar muchos dispositivos que actúan como detonadores en relación con los insumos o que inhiben el provechoso encauzamiento interno de los flujos. No hay duda de que las sociedades humanas puedan permanecer en estado estable. Las bien adaptadas sociedades de cazadores recolectores están entre los mejores ejemplos. Aunque la evidencia empírica está todavía insuficiente, mi impresión -a partir de los dispersos casos disponibles- es que la mayor parte de tales estados estables sociales son simplemente estancamientos que se deben en última instancia al reconocimiento de limitaciones ambientales reales en relación con las habilidades conocidas por la sociedad, o se deben a una combinación de reguladores que inhiben con efectividad la expansión de la población, aunque es posible que en estos casos la cualidad energética del proceso no se comprende del todo. Sin embargo, lo que tal vez es más importante subrayar en relación con este punto, es que no hay nada universalmente inherente en la organización social que conduzca al estado estable (Adams 1982: 18).

estatus de equilibrio. El potencial disipativo que se combina con la información que guarda una forma energética. El estatus de equilibrio indica la posición de una forma en relación a las condiciones ambientales; dicho estatus es diferente para las estructuras en equilibrio, que dependen por completo del ambiente benigno, y para las estructuras disipativas, que tienen cierto margen de autonomía (véase Adams [1988] 2001).

estocástico. Encontrado, atinado al azar. Proceso de variación/selección de acoplamiento de formas debido a la incesante fluctuación de todo proceso energético. En griego *stokazein* significa disparar flechas a un blanco. Dícese de sucesos que surgen de manera aleatoria y aún así logran un resultado predecible en términos estadísticos. Una secuencia de sucesos es estocástica cuando combina el componente aleatorio con la selección (Bateson 1979).

Fenómeno de elección al momento de bifurcación, en el que la evolución del sistema está decidida por la primera fluctuación que ocurra, la que llevará al sistema a un nuevo estado estable (Prigogine y otros 1977).

El control que un mecanismo detonador ejerce sobre el flujo energético es estocástico. Así, por ejemplo, la neurona tiene una capacidad autónoma de encenderse y apagarse, pero otras neuronas y células pueden inhibir su actividad. Las neuronas forman parte de circuitos: ceden su autonomía al convertirse en ciudadanas de una comunidad neuronal integrada, en la que se seleccionan ciertos resultados y abortan otros (véase Roberts 1976: 516). De la misma manera, las formas energéticas se encuentran en diferentes estados de liberación o disipación potencial de energía. De manera aleatoria pueden disparar o liberar energía automáticamente a menos que se les inhiba. Su ambiente las mantiene en estado de no disipación, es decir, en equilibrio (Adams [1988] 2001).

Cuando los físicos hablan de "comportamiento estocástico" se refieren a un modelo de causalidad. En matemática estocástico es "referente al azar".

estratificación social. Ordenamiento de conjuntos coordinados en segmentos no equivalentes (Adams [1975] 1983: 269).

Los orígenes de la estratificación se encuentran en la diferenciación de poder en niveles; las diferencias iniciales de la base de poder residían probablemente en el control de consumo antes que en el control de la producción (Adams [1975] 1983: 272).

estructura. Conjunto estable basado en relaciones dinámicas.

La suma de propiedades de un sistema que permanecen invariables bajo un conjunto dado de transformaciones (Miranda 1972, citado en Adams [1975] 1983: 115). Continuidad de formas espacio-temporales alrededor de la cual cambian constantemente otros elementos (Adams 1978: 49). Lo que está fuera de control (Adams [1975] 1983: 115).⁷

estructuras autorreplicantes. Estructuras que cuentan con un sistema hereditario abierto y "sociable" (Hamilton 1977).

estructuras de no equilibrio. Estructuras disipativas, calificadas así por oposición a las estructuras en equilibrio, ejemplificadas por los cristales (Prigogine 1967).

estructura de poder. Relaciones de control y de poder (Adams [1975] 1983: 43). La cadena de controles-con-poder y la de poder-con-nuevos-controles-y-control-de-símbolos es la estrategia de expansión de todo sistema social humano (Adams [1975] 1983: 57).

estructura disipativa. Estructura que emerge en el proceso de la selección termodinámica. El primer término se refiere a la permanencia y estabilidad, el segundo, al flujo y cambio.

Estructuras de no equilibrio que se mantienen sólo mediante una perseverante disipación de energía (Prigogine 1967).

Las estructuras disipativas son una manifestación de la autoorganización, que opera en una secuencia de tres fases: función-estructura-fluctuación. En una fase (en la de función-estructura) el sistema se comporta de manera determinística, fluctuando alrededor del promedio de los valores de variables implicadas, mientras que en la otra fase una fluctuación se amplifica hasta el punto de cambiar la estructura misma, después de lo cual la fase anterior se reinicia, pero en circunstancias diferentes. La estructura disipativa puede considerarse como una gran fluctuación estabilizada mediante intercambios de materia y energía. Otra condición básica para la aparición de estructuras disipativas es la presencia de cierto tipo de mecanismos de interacción no lineal que se da entre las partes del sistema. Las estructuras disipativas son «totalidades» cuyas dimensiones y estado estable muestran una relación tamaño/volumen (Prigogine, Allen y Herman: 1977).

La estructura disipativa es una estructura autoorganizada, que contiene en sí misma los elementos necesarios para mantenerse durante cierto periodo del tiempo (Adams 1978: 40-41). Para comprender su funcionamiento hay que saber cómo surgió -porque no puede predecirse de ninguna manera-, y cómo logra mantenerse. Emerge de un conjunto de circunstancias anteriores, congregando estructuras disipativas ya existentes en un nuevo arreglo (en un nuevo nivel de integración), cuando hay algún aumento de flujo de energía. Este aumento, dados los arreglos estructurales existentes, produce fluctuaciones. Las fluctuaciones son, en cierto

sentido, experimentos de tipo ensayo y la eliminación del error en la búsqueda de nuevas estructuras. Las estructuras disipativas obedecen a la segunda ley actuando como mecanismos de conversión continua de energía en entropía, pero sólo pueden hacerlo mediante la activación de mecanismos internos autoorganizativos que garantizan la continuidad del insumo, la alimentación necesaria para su supervivencia (Adams 1978: 145).

Las estructuras disipativas sociales son agregados operantes complejos que se mantienen en el régimen de no equilibrio mediante un constante insumo de nueva energía (véase Adams 1978: 147). La diferencia entre los sistemas disipativos descritos por Prigogine y los sistemas disipativos sociales, es que estos últimos no muestran nada inherente a su estructura que las obligaría a permanecer en el estado estable (Adams 1982).

Véase: sistema disipativo.

estructuras de equilibrio. Las estructuras que carecen de dinámica reproductiva propia (Adams 2001 [1988: 88]). Que no pueden realizar trabajo. A diferencia de las estructuras disipativas, no pueden tomar energía adicional y su existencia depende por completo del ambiente benigno. El ejemplo paradigmático son los cristales.

En física, la estructura en equilibrio se define como "una individualidad de materia inerte", tal como una partícula, un átomo, una molécula (compuesta de átomos) o un cristal (compuesto de moléculas), que presentan diferentes grados de estabilidad y resistencia frente a las influencias del entorno, pero no existe en ellos ningún proceso que tienda a compensar tales influencias (Wagensberg 1998: 23).

estructuralismo. Lévi-Strauss sostiene, en resumidas cuentas, que las estructuras mentales pueden construir modelos basados en sucesos energéticos porque la estructura elemental del proceso cognoscitivo forma parte de la estructura intrínseca del resto del mundo energético. Un enunciado enteramente aceptable, si no fuera porque postula una causa última, lo cual es problemático. Aceptarla significaría suponer que todas las construcciones de la cultura son en algún sentido una reconstrucción del mundo real. Si esto fuera cierto, no necesitaríamos una ciencia especial de la cultura ni un área de estudio llamada «estructuralismo». (...) El estudio estructural es útil si examinamos la relación que existe entre cualquier transformación o modelo mental y la situación ambiental y vital inmediatamente anterior. (...) No se trata de buscar las condiciones de la génesis original, sino los principios de una regeneración constante (Adams [1975] 1983: 202).

Los mayores beneficios de los análisis estructurales (de las estructuras mentales) provienen de los primeros niveles de análisis, los considerados más superficiales por los estructuralistas. En la medida en que los modelos creados trazan nuevas transformaciones en estructuras más profundas, se vuelven más generales. Eso no carece de propósito en sí mismo; pero los modelos resultantes son cada vez más producto del marco mental previo del propio analista y menos del producto de la historia de una comunidad en el mundo externo (Adams [1975] 1983: 198).

Quizá podamos formular hipótesis interesantes acerca del origen último de los modelos mentales, pero el ser humano basa sus decisiones en modelos estructurales más inmediatos y «superficiales», los que están operando de continuo y forman parte de la vida diaria (Adams [1975] 1983: 199).

Nuestras estructuras mentales no surgieron independientemente de su propia naturaleza energética; pero el comportamiento resultante tampoco es una consecuencia de la composición de la naturaleza, derivada en algún sentido de un

modelo preexistente de esa naturaleza. Nuestro entendimiento putativo del mundo es nuestra propia invención, pero una invención determinada de algún modo por nuestra propia naturaleza (Adams [1975] 1983: 217).

Es probable que Lévi-Strauss se vuelva inmortal, pero no lo será porque alguien demuestre que estaba en lo cierto o que estaba equivocado (Adams [1975] 1983: 185).

etnia. El grupo étnico es aquel “que abriga una creencia subjetiva en una procedencia común” (Weber 1964: 318). La etnicidad es esencialmente la manera en que la gente se organiza a sí misma socialmente en términos de su ascendencia (Adams 1995: 36). En la energética la etnia es la manera (más barata) de organizarse la gente como un vehículo de supervivencia.

Estereotipo colectivo que los grupos se forman de ellos mismos y de los demás. Constituye veladamente un proyecto político de lo que debe ser una sociedad. La definición clásica de la etnia (un grupo que comparte un territorio, una lengua, una historia y una cultura) sugiere que cada grupo étnico debe tener un territorio propio y exclusivo, hablar una sola lengua (es decir se necesita proceder a una “normalización” lingüística que reduzca al mínimo las variantes dialectales y suprima otras lenguas), uniformar su cultura e inventarse una historia propia que le permita distinguirse de sus vecinos y contraponerse a ellos (Viqueira 2002: 411).

etnología. El enfoque del etnólogo es esencialmente naturalista; esto quiere decir que pretende mirar las cosas en términos de la naturaleza propia de las cosas (Adams [1988] 2001).

evolución. Proceso de expansión/contracción energética (Adams 1982). La vida es un proceso expansivo, esta es su característica cardinal. El estudio de la evolución permite elaborar un mapa de este proceso en términos de tiempo, lugar y contenido (Adams 1982: 28).

Cambio cualitativo provocado por la aparición de la novedad por combinación y por la actuación unidireccional de la ley de entropía. Se debe a la interconexión entre los procesos físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales. La única ley claramente evolutiva en la física es la ley de la entropía. Los vocablos «entropía» y «evolución» tienen la misma raíz griega (Georgescu-Roegen 1996: 395), razón por la cual fueron elegidas por los fundadores de la termodinámica.

En términos generales, la evolución endosomática puede describirse como un progreso de la eficiencia entrópica de las estructuras portadoras de vida. Lo mismo es aplicable a la evolución exosomática de la humanidad; los instrumentos exosomáticos permiten al hombre obtener la misma cantidad de baja entropía con menos gasto de su propia energía libre que si utilizase únicamente sus órganos endosomáticos (*ibidem* 381).

Lo que es eterno no puede evolucionar; la evolución constituye un rasgo específico de lo que nace y muere. La evolución es el proceso que liga el nacimiento y la muerte: es la vida en el más amplio sentido de la expresión; da fe del hecho de que hasta el universo en su conjunto debe tener una vida efímera entre Creación y Calor Muerto si ha de ser una entidad evolutiva tal como lo describe la Ley de la Entropía clásica (*ibidem* 264).

El proceso de surgimiento de sistemas de orden inclusivo regido por la selección termodinámica que opera en distintos niveles de complejidad y a distintas

escalas de tiempo y espacio (Hamilton 1977: 313). El proceso evolutivo fundamental se repite en los niveles sucesivamente "más altos" en la medida en que una u otra especie de sistemas en cada nivel adquiere el atributo indispensable para servir como bloque de construcción en la creación de un sistema de nivel más alto.

De este modo se crean sistemas de "estabilidad estratificada", cuyo efecto es la disminución de entropía en un nivel mínimo, el del estado estacionario, en el sistema termodinámico cerrado y aumento en la producción de entropía por unidad de biomasa mantenida. Esta conclusión está de acuerdo con el argumento de Lotka, según el cual la evolución conduce a incrementar al máximo el flujo energético a través de la biosfera mediante la proliferación de sistemas que se autorreproducen, mientras la incorporación de cada elemento simple al sistema atorreproductivo contribuye a la disminución de la producción de entropía total y de la disipación de energía. La constitución de energía libre y de neguentropía en tales sistemas cerrados de estado estable se logra en muchos pasos microcuánticos y en relativamente pocos avances en la organización de la jerarquía (*ibidem* 317 y 318).

Evolución es un *proceso energético en que la disipación en una parte del sistema libera la disipación en otras partes del mismo, de modo tal, que la forma de todo el proceso se reproduce* (Adams 2001: 125). La evolución consiste en expansión/contracción de flujos energéticos regida por las leyes de la termodinámica y por las reglas de la autoorganización, resumido todo bajo el rótulo de "selección natural". La selección opera en una determinada dirección, a saber, hacia la eficiencia entrópica de las estructuras disipativas portadoras de vida. La eficiencia entrópica consiste en "obtener más cantidad de baja entropía con menos gasto de energía libre" (Georgescu-Roegen 1996: 381). Las formas de vida, incluidas las sociales, se reproducen integrando cada vez más flujos energéticos en sus ciclos, según reza la primera parte del principio de Lotka. A los instrumentos endosomáticos se suman los instrumentos exosomáticos, que la cultura ensambla, lo cual permite a los sistemas sociales manejar mucha más energía que si utilizaran únicamente los órganos con los que están equipados sus integrantes.

La evolución se debe a la interconexión de los procesos físicos, químicos, biológicos, demográficos, económicos y sociales. Cada nivel tiene una independencia relativa respecto con el otro. Los cambios en uno de los niveles definen el escenario de los cambios en el otro. El problema que plantea el concepto de la eficiencia consiste en cómo y dónde trazar las fronteras de un proceso energético y en relación con qué objetivo. Si bien las fronteras energéticas de un proceso están dadas por la relación entre el flujo sustantivo y el regulador, el objetivo social de un proceso energético es un asunto que podría estar en manos de la sociedad dentro de un marco de posibilidades que está de acuerdo con su nivel de organización. Si bien la eficiencia entrópica es una condición *sine qua non*, la autoorganización deja un margen de maniobra. En la adaptación al medio intervienen también los valores, factores de índole cultural, que obligan a interpretar los resultados del cálculo de acuerdo con dichos objetivos.

evolución específica y general. La evolución se mueve simultáneamente en dos direcciones. Por una parte, crea la diversidad a través de la modificación adaptativa, por otra parte, genera el progreso. La primera de estas direcciones es la *evolución específica* y la segunda, la *evolución general*. Son aspectos de un mismo proceso total, dos contextos en los que podemos ubicar los mismos sucesos y elementos evolutivos.

La evolución general consiste en un creciente uso de los recursos o en incremento de la transformación de la energía disponible. Al moverse en esta dirección la vida necesariamente se diversifica.

La evolución específica se refiere a los aspectos filogenéticos, adaptativos, de diversificación, especialización y ramificación de la evolución total. Es en este sentido en que la evolución se equipara, frecuentemente, con el movimiento desde la homogeneidad hacia la heterogeneidad.

Pero la evolución general es otro aspecto. Se manifiesta en la emergencia de las formas de vida más altas, sin que haya que tomar en cuenta las líneas particulares de descendencia o secuencias históricas de modificaciones adaptativas.

(...) El desarrollo de los organismos más altos puede concebirse en términos funcionales de captación de energía: las formas más altas aprovechan más energía que las bajas. Por otra parte, puede haber un criterio estructural del progreso general, el de lograr una *organización* superior. La consumación de los procesos termodinámicos tiene su concomitante estructural en el incremento de la organización. A más energía concentrada, más compleja la estructura.

El avance o mejoramiento que vemos en la evolución específica es relativo a problemas de adaptación; es un progreso en el sentido de avance de un punto a otro a lo largo de una línea, de un menor a un mayor ajuste en un determinado ambiente. En contraste, el progreso de la evolución general es absoluto; es el paso de una menor a una mayor explotación de energía, de un bajo a un más alto nivel de integración y de una menor a una mayor adaptabilidad general (Sahlins y Service 1960: 12-44).

evolución cultural específica y general. La cultura continúa el proceso evolutivo por nuevos medios: se diversifica mediante la especialización adaptativa y también produce de manera sucesiva formas generales cada vez más altas. La cultura, al igual que la vida, sigue la evolución específica y la general. La cultura es el medio de adaptación del hombre.

(...) La evolución cultural general consiste en el paso de una menor a una mayor transformación de energía, de un menor a un mayor nivel de integración y de una menor a una mayor adaptabilidad general. La evolución específica consiste en el paso filogenético, ramificado e histórico de la cultura a lo largo de sus muchas líneas evolutivas, y en la modificación adaptativa de las culturas particulares (Sahlins y Service 1960: 12-44).

evolución prebiótica. Desarrollo gradual de la estructura y función de las biomoléculas, que abarca la síntesis de las unidades primitivas, la polimerización y el ensamblamiento posterior de agregados macromoleculares. Estos procesos preceden y acompañan a la evolución biológica. (*Vocabulario Científico y Técnico*, Espasa, Madrid 1999)

evolución social. Empleo de medios exosomáticos para la captura de energía (Lotka). Secuencia de etapas de crecimiento y desarrollo en la que surgen nuevos niveles de integración (Adams 1975).

Hay una secuencia de crecimiento fundamental que se repite en el curso de la evolución social humana. Está integrada por tres fases que, tomadas en conjunto, pueden verse como una secuencia completa y terminal. Las fases de la secuencia son las siguientes: la identificación, la coordinación y la centralización. La *identificación* es el proceso de formación de una unidad operativa de identidad, a través del cual se identifican entre sí, como similares en algún sentido, varias unidades

separadas (individuos o unidades operativas más complejas), que no están articuladas ni relacionadas en forma alguna. No es necesario que el grado de conciencia mutua vaya más allá de una identificación común (aunque ello puede ocurrir por otras razones). La identidad es fundamentalmente la diferenciación binaria de algún conjunto de "nosotros" frente a algún conjunto de "otros". Los otros pueden continuar relativamente indefinidos, es decir, aparecer como infinitos; pero el "nosotros" tendrá marcadores específicos o diacríticos por cuyo conducto se separaran del resto.

La *coordinación* es la condición directa o indirecta generada por la interacción de los miembros componentes sobre una base coordinada, es decir, cuando se establece una concesión recíproca de poder. No hay ninguna subordinación o superordinación categórica de algún subconjunto de la totalidad frente a otro. El ordenamiento es un mecanismo importante de la coordinación, pero puede realizarse sobre cualquier base y no implica necesariamente un control o un poder diferenciado. La coordinación de las relaciones crea una unidad operativa coordinada y por lo tanto implica que cada miembro concede ciertos derechos de toma de decisiones a otros miembros (no necesariamente los mismos en cada par), a cambio recibirá derechos aproximadamente equivalentes. Así pues, las unidades coordinadas se fundan en el hecho de que cada miembro concede y recibe cierta cantidad de poder. El intercambio no es necesariamente igual, pero tampoco puede estar centralizado o enfocado en alguno de los miembros o en un subconjunto de miembros.

La *centralización* es la condición que se presenta cuando una mayoría del conjunto enfoca las relaciones sobre una minoría o un solo elemento. La relación precisa existente entre los miembros individuales de la colectividad y el individuo o la unidad centralizados variarán con la clase de poder ejercido y la cantidad de poder existente en el sistema. En las unidades de "baja energía", tal relación se basa exclusivamente en el poder asignado, y la unidad es una unidad consensual; si existe una concentración real del apoyo de la mayoría o de alguna fuente de poder externa e independiente, la unidad será de mayoría; y si el poder de la figura central aumenta tanto que dicha figura debe delegarlo para ejercerlo, la unidad constituirá una unidad corporativa (Adams [1975] 1983: 230-231).

El proceso de expansión genera lo que *pareciera ser* una serie continua y simultánea de procesos de identificación-coordinación-centralización que ocurren al mismo tiempo en el nivel de la unidad doméstica, en el de la banda/aldea, de la jefatura, y más tarde en el nivel del reino o del Estado, y continúa hasta el nivel de expansión máxima. (...) He subrayado que estos procesos simultáneos *parecerían ser* secuencias de crecimiento. En efecto, la presencia de restricciones, combinada con el hecho de que cada éxito competitivo significa la derrota de otra parte, hace que los procesos no sean infinitamente expansivos sino que manifiesten una oscilación entre la expansión y la contracción. Esta oscilación puede ocurrir en dos fases o dimensiones: *a) horizontal*, es decir, el cambio de una unidad de identidad o fragmentada a una unidad coordinada y el movimiento contrario (fusión y fisión, recombinación y segmentación), y *b) vertical*, es decir, el paso de una unidad coordinada a una unidad centralizada y viceversa (integración y desintegración, centralización y descentralización (Adams [1975] 1983: 316).

La evolución sociocultural es esencialmente la historia formal del surgimiento sucesivo de estructuras disipativas cada vez más complejas y activas. Como señaló Lotka, opera mediante la selección natural, ya que entre la variedad de estructuras emergentes se presentan las que logran procesar mayor cantidad de energía y estas tienden a tener ventaja sobre las que procesan menos. Con su habilidad para

reducir mentalísticamente las complejidades, la evolución sociocultural humana parece estar destinada de manera específica, por algún tiempo todavía, a seguir funcionando en base a la estrategia de elaborar formas culturales más complejas a partir de formas menos complejas, impulsada por el hecho selectivo de que aquellos que no manifiesten expansión serán desplazados o marginados y pasarán a contribuir a los mecanismos que sean más exitosos (Adams 1978: 147).

expansión/contracción. La dinámica elemental de todo proceso energético descrita por la termodinámica de procesos irreversibles y el principio de Lotka.

La vida es un proceso expansivo, esta es su característica cardinal. El estudio de la evolución permite elaborar un mapa de este proceso en términos de tiempo, lugar y contenido. La teoría de la evolución propone los principios generales del proceso, tales como mutación, réplica o reproducción y selección natural. Pero por encima de todo esto asumo que la vida es un proceso expansivo, por que si no fuese así, ninguno de los demás componentes teóricos tendría sentido. La misma suposición tiene que hacerse en el caso del desarrollo humano. El proceso de vida humana normal es expansivo. La diferenciación hecha entre el crecimiento de la población y la evolución de la cultura es una disquisición académica, que se debe a diferentes instrumentos diseñados para estudiar las distintas facetas de la expansión humana. De hecho, la expansión cultural es una mera extensión de la expansión biológica y verlo de otro modo lleva rápidamente a la confusión, que es desafortunadamente muy común en la literatura. (...)

Hasta ahora la especie humana se ha expandido acorde con la primera parte del principio de Lotka, el cual contiene una cláusula final: "hasta que se presente el residuo inutilizable de materia y de energía disponible". Esto advierte que existe un último y fundamental inhibidor de toda expansión, la escasez de los materiales energéticos que la sostienen (Adams 1982: 27, 28).

Véase: evolución.

explicación. Correspondencia entre un modelo mental previamente elaborado y un conjunto dado de acontecimientos.

explicación basada en causas próximas [*proximate explanation*]. Explicación derivada del modelo cognoscitivo que apela a la lógica de los procesos energéticos elementales. Inspirado en el determinismo y privilegiado por la ciencia exacta, el modelo funciona satisfactoriamente sólo cuando se dan condiciones de estabilidad y cuando está disponible la información detallada. Estas condiciones difícilmente las encuentran las ciencias sociales por sí mismas, de ahí el recurso a la energética. La explicación basada en causas próximas (la de "cómo" suceden las cosas) y la explicación basada en la selección (la del "por qué" de las cosas), difieren no por su capacidad de predicción, sino en cuanto a su escala y detalle. La explicación basada en causas próximas detalla las relaciones que preceden un suceso e incluso puede indicar las que son cruciales. Se da como la sucesión de acciones particulares en un *suceso individual*, por contraste con la explicación basada en la selección, la de encadenamientos históricos que "causan" un determinado *tipo* de sucesos.⁸

explicación basada en la selección [*selection explanation*]. Modelo mental que apela a patrones amplios y de largo alcance, para los procesos cuyos detalles empíricos son desconocidos o imposibles de conocer. El modelo tiene por concepto central el de la autoorganización y se aplica a procesos complejos -es decir, no lineales y estocásticos, compuestos de muchos elementos en interacción-, de modo que en la práctica

es imposible alcanzar un conocimiento adecuado de todas las condiciones. Los procesos complejos con el tiempo manifiestan algún patrón evolutivo. La explicación basada en este patrón no puede especificar nada acerca de cómo ni cuando ocurren las cosas, tan sólo se limita a afirmar que, tomados en su conjunto, colectivamente o en secuencia, los sucesos trazan finalmente el patrón manifiesto en el modelo (Adams 2001 [1988: 5]).

feedforward. Otro nombre del *feedback*. En los circuitos de realimentación los egresos se comparan con los ingresos para corregir el desempeño del sistema; eso crea una ilusión de que los sucesos pasados y presentes están controlados en función de un objetivo futuro o "causa final". La ilusión se debe a que el esquema de *feedback* no toma en cuenta el fluir del tiempo irreversible. La causalidad no puede operar hacia atrás, el efecto no precede la causa, tal como lo sugiere el término "realimentación". Para corregir este malentendido se propuso el término "realimentación a futuro" (*feeding forward*, Rosen 1978: 583). Se puede influir los acontecimientos del mañana hasta cierto grado con los modelos de hoy, pero esto es, como toda acción cultural, intrínsecamente experimental, estocástico (véase Adams [1988] 2001).

fisicalismo. Presupuesto epistemológico según el cual hay un lenguaje unificador, por ejemplo, el de la *teoría de sistemas disipativos*, que puede describir aspectos comunes de los fenómenos naturales, incluidos los sociales. Los sistemas complejos adaptativos son realidades físicas y como tales se rigen por la segunda ley. Una misma epistemología (que no es ciencia empírica) puede aplicarse en la investigación de células, procesos mentales cognitivos y fenómenos sociales. Conceptos relacionados: materialismo, monismo.

Los positivistas sostienen la posición extrema, según la cual sólo se puede hacer "ciencia natural" de la sociedad a partir de las relaciones causales estrictamente deterministas. Esta posición suele etiquetarse también como "materialismo vulgar".

flecha del tiempo. Término acuñado por Eddington (1925) para indicar la dirección irreversible de los procesos energéticos debida al aumento de entropía exigido por la segunda ley. La asimetría en el tiempo parece ser una característica fundamental del universo; sin embargo, dicha asimetría no ha sido confirmada por las teorías fundamentales de la física (la mecánica newtoniana, la relatividad general y la mecánica cuántica). Véase paradoja de la irreversibilidad.

La flecha del tiempo apunta claramente hacia el equilibrio termodinámico, pero el proceso no necesariamente es un descenso inmediato hacia el desorden, sino mediante "retardos" escalonados. Véase termodinámica de no equilibrio.

Hay al menos tres flechas del tiempo diferentes. Primeramente está la flecha termodinámica, que es la dirección en la que el desorden o la entropía aumentan. Luego está la flecha psicológica. Esta es la dirección en la que nosotros sentimos que pasa el tiempo, la dirección en la que recordamos el pasado pero no el futuro. Finalmente está la flecha cosmológica. Esta es la dirección del tiempo en la que el universo está expandiéndose (Howking 1996: 184).

Stephen Gould y su equipo presentan pruebas de la flecha de tiempo en la evolución biológica. Al estudiar un récord paleontológico de organismos que comparten el ancestro común observaron que, conforme se despliega la rama del árbol evolutivo en cuestión, disminuyen las clases de diseño orgánico, pero aumenta la diversidad de las especies. En el principio hay experimentación y luego, estandarización. Esta asimetría en la diversidad biológica "refleja una ley más

general y básica acerca de la historia del cambio en los sistemas naturales" (Gould, Gilinsky y German, *Science* 1987: 1437).

fluctuación. Cualquier irregularidad del proceso energético que aumenta la disipación: aumento de flujo energético, mutación que afecta la estructura, disfunción que incide en el desempeño de la forma y otras. Las formas energéticas disipativas son fluctuantes por naturaleza: no se puede evitar perturbaciones ambientales, ruido, disfunciones internas, errores de copiado y los demás. Según Prigogine las fluctuaciones representan una fuente dinámica de orden, cuando obligan a readaptarse o crear nuevas estructuras.

Experimento en búsqueda de nuevas estructuras. Forma de alcanzar el orden a partir del caos totalmente distinta de la que puede describirse en términos de la dinámica o termodinámica clásicas (Adams 1978: 41).

Generalmente identificamos las *fluctuaciones* con la aparición de mutantes genéticos, pero nuestra descripción de la evolución biológica incluye tanto las ideas darwinianas como las lamarckianas, ya que no es necesario aferrarse a un sólo tipo de mecanismo de "mutación". En efecto, las fluctuaciones bien pueden corresponder a los cambios en el comportamiento, y si los mecanismos de imitación operan en el ecosistema, entonces las fluctuaciones de este tipo pueden amplificarse. En realidad este último modelo de evolución parece corresponder a la evolución socio-cultural y tecnológica que experimenta el ser humano (Prigogine, Allen y Herman 1977: 1-63).

Creo que las fluctuaciones son un aspecto inevitable del proceso evolutivo, (...) sobre todo si reconocemos que el consumo y la destrucción son partes inevitables del escenario. Las oscilaciones se dan en la marcha vacilante de una unidad, en cualquier nivel, en su contacto directo con el ambiente, y son la prueba de validez de las imágenes mentales y del conocimiento acumulado. Es el impulso estructural, constante e inherente, hacia la expansión lo que mueve a los actores y a las unidades en sus intentos de "ensayo y error" (Adams [1975] 1983: 321).

Véase: perturbación, oscilación.

flujo energético. Proceso de conversión de energía de un estado en otro (Adams [1975] 1983: 28). Movimiento de masa/energía/información entre dos puntos del sistema (Adams [1975] 1983: 136). Comúnmente la palabra "flujo" se usa para designar radiación y trasducción de *energía*, extracción, transporte, almacenamiento, transformación y reciclaje de *material* y procesamiento de *información*.

Gasto energético en el proceso de liberación de la energía. Este concepto permite medir la energía que mueve el detonador y la energía liberada total.

forma energética. Energía potencial estructurada; energía combinada con información. Estructura termodinámicamente fluida. Sistema disipativo. Concepto elemental, unidad indivisible, mínima y simple, "el átomo" de la energética de Adams.

frontera. Parámetros que indican el grado de integración de un sistema. Característica emergente de los procesos autopoiéticos que los distingue de los meramente autocatalíticos. La presencia de constreñimientos, fronteras o parámetros restrictivos se explica a partir del principio de la mínima disipación de energía. La frontera que se impone en un proceso de autoorganización demarca las partes del sistema que deben ser reproducidas y excluye las que no son objeto de autorreproducción (Adams [1988] 2001: 143).

Véase: condiciones de contorno, constreñimientos, clausura operativa.

Una característica adicional de las estructuras disipativas sociales tiene que ver con el concepto de *fronteras*. Las organizaciones sociales y las sociedades están integradas débilmente y la interdependencia entre las partes varía enormemente. H. Simon (1969:73-74) denominó este tipo de sistema con el término de "desmontable" [*decomposable*]. El nexa que une los procesos sociales en comparación con el de los organismos, por ejemplo, no es tan preciso ni tan integrado funcionalmente. La sociedad puede desintegrarse y aún así muchas de sus partes continuarán sobreviviendo como estructuras disipativas operantes. Los más importantes procedimientos de regulación para la sociedad dependen del manejo de símbolos, los cuales están expuestos al ruido y a la mala interpretación. Esto no sucede tan fácilmente en los organismos. Si mi brazo malinterpretara las instrucciones del cerebro, diríamos que es un caso de patología. En cambio, en la sociedad las interpretaciones erróneas de mensajes ocurren todo el tiempo y las aceptamos como parte normal, acaso molesta, de la convivencia.

Las partes sociales pueden concurrir en un nuevo arreglo. Quizás puedan inventarlo de modo intencional o simplemente dejar que tal cosa suceda. Así, adoptan distintas formas y se redefinen a sí mismas. Esto sucede cuando una estructura en expansión encuentra un nivel de operación en el que sus partes internas ya no pueden manejar la cantidad y el tipo de energía de la que dependen. Para continuar la expansión del sistema, tienen que aparecer nuevos mecanismos, las partes tienen que reorganizarse de alguna manera, y tiene que surgir una estructura nueva, en este caso, más grande que la anterior. Desde luego que hay cierta continuidad derivada del funcionamiento de la estructura vieja, pero también hay una estructura nueva, distinta a la de su predecesora, especialmente en cuanto al tamaño y a sus funciones de regulación. Los momentos en los que se efectúan estos cambios profundos de integración son los puntos de bifurcación, ya mencionados. Nada obliga a que un apropiado dispositivo de regulación *tenga que* surgir. Antes más bien, es posible que sea la ecología la que esté constriñiendo el crecimiento de la sociedad. También es posible que los mecanismos de regulación existentes resulten dañados por la expansión y, a falta de reguladores nuevos o mejores, la estructura entera simplemente comience a descomponerse (Adams 1982: 20).

herencia darwiniana. (el principio de) Una intuición con la que Darwin luchó en sus textos por no conocer el mecanismo genético de la herencia. Las variaciones genéticas son aleatorias, pero no sólo. La mayoría de los cambios en el material genético son peligrosos e inviables. Se dan pequeñas variaciones no determinadas a cargo de los individuos de mayor éxito reproductivo de la generación en curso. La siguiente generación explora el espacio de soluciones posibles paulatinamente. Lo que no se da es un salto aleatorio hacia algún lugar que no tiene nada que ver con el problema de la supervivencia. (Véase Calvin y Bickerton 2001: 308)

hipótesis Gaia. Teoría que ve la Tierra como un sistema, donde la evolución de los organismos está estrechamente relacionada con la de su medio. La autorregulación del clima y la composición química son propiedades emergentes del sistema. La teoría tiene su base matemática en el modelo de "Daisyworld" (Lovelock 1992: 188).

hombre. El ser humano es un animal hermenéutico (Adams [1988] 2001: 191). Si tuviéramos el acceso directo a la "cosa en sí" no necesitaríamos de la ciencia, la

filosofía, la religión, esto es, de los modelos de la "realidad".

homeostasis. Tanto el concepto de "homeostasis" como el último de sus sucesores, el de "cibernética", se refieren a procesos complejos por medio de los cuales los sistemas como totalidades ejercen autocontrol. Son los términos que se usaron inicialmente para denominar la clase general de fenómenos que se llaman "autoorganización" (Adams [1988] 2001: 125). Son procesos que no obedecen a propósito explícito alguno, sino que son resultado aleatorio de la fluctuación constante de todo proceso energético social (126).

huella ecológica. Efecto de la transferencia de la entropía al medio. Es una faceta de la capacidad de sustentación que se puede medir por individuo, por grupo doméstico o por cualquier otra unidad operativa. Los economistas Rees y Wackernagel (1993) elaboraron una metodología para calcular la huella ecológica de una población determinada en una superficie requerida para la producción de cada uno de los elementos de una canasta básica de consumo anual. Si se tiene el cálculo de la superficie requerida para sostener el consumo promedio *per capita* de un país, obtenemos el "planetoide personal": la superficie productiva de la Tierra que cada habitante utiliza *de facto* anualmente. En los países industrializados ésta rebasa con mucho la superficie nacional; en Holanda, por ejemplo, 15 veces. ¿En dónde está la superficie restante necesaria para mantener a un holandés? En los países que exportan alimentos a Holanda. La mayoría de los países industrializados depende de un déficit ambiental, conceptualizado como "huella ecológica", que se deja sentir en los lugares más recónditos del mundo. Por lo demás, hay un problema ético aquí: la huella ecológica de subsistencia no es lo mismo que la de la opulencia (Nadal en *La Jornada* 2004-P).

identidad. Modelo específico utilizado en el proceso de autoorganización social. Diferenciación binaria entre "nosotros" y "ellos" necesaria para identificar las propiedades de un sistema o unidad operativa frente a las fluctuaciones y azares del medio. Un conjunto de sistemas autorreproductivos, que opera con un determinado nivel de eficiencia entrópica, tiene que decidir qué es lo que se va a reproducir y qué es lo que quedará fuera del proceso.

identificación. Proceso mental [o *mentalístico*, según la traducción literal del término inglés de *mentalistic*] que consiste en la superposición de contrastes binarios (yo/tú, nosotros/ellos, dentro/fuera, etcétera), que es fundamental para la formación de cualquier unidad social operativa (Adams 1978: 71).

El paso de un agregado bruto o masivo a una unidad dotada de cierta coherencia se anuncia en primer término por un proceso que denominamos simplemente «identificación», el reconocimiento de que existe cierta colectividad a la que llamamos «nosotros» y que se distingue de algún modo de la otra, que llamaremos «ellos» (Adams [1975] 1983: 174).

inconsciente.

Los sucesos inconscientes son estructurales porque están fuera del control, pero si se los lleva al nivel de la conciencia tampoco significa que quedan bajo el control. El hecho de adquirir conciencia de los sucesos no los volverá necesariamente menos estructurales. Lo mismo puede decirse de nuestro conocimiento de los sucesos cósmicos (...). Así como la estructura de la mente determina lo que hagamos con la naturaleza, las estructuras de la naturaleza

determinan lo que tenga la mente para trabajar y, efectivamente, determinan lo que la mente sea capaz de hacer (Adams [1975] 1983: 123).

industrialización. Sustitución del trabajo vivo por el empleo de la energía no humana.

La industrialización es la más reciente de las expansiones evolutivas sociales de la energía, y se analiza en el capítulo 12 desde el punto de vista de sus efectos en la autoorganización de las naciones-estado; el análisis muestra una relación entre esos procesos y el flujo de energía en sus sistemas respectivos. El libro concluye con la reflexión de que la "industrialización", esto es, la sustitución de energía humana por energía no humana, ha sido el elemento dominante del "desarrollo" y, como tal, refleja las dinámicas evolutivas profundas que surgen del proceso energético. Estas dinámicas no sólo tienen dimensiones energéticas sino que, como se deduce del resto del análisis, son también intrínsecamente autoorganizativas. Se desenvuelven ahora gracias a la acción de inmensos flujos de energía comercial no humana, y lanzan a la sociedad hacia algún posible estado final de la evolución (2001 [1988: xi]).

información. Resultado del impacto de la energía de un sistema en el ambiente del otro; «diferencia» que se dota de sentido en el sistema mayor envolvente (véase Adams 1982: 14). Cualquier diferencia que importa (Bateson 1979).

Propiedad del sistema que en sí misma carece de dimensiones cuantitativas, pero que necesita de formas energéticas a manera de vehículo. Aspecto intangible del flujo energético sin el cual éste no podría ser reconocido.

La información sólo puede sustentarse en formas energéticas (Adams 1982: 14). La «cantidad de información» se refiere a las clases de formas de energía que transmiten la información (véase Adams [1975] 1983: 111).

En teoría, no se requiere mucha masa y energía para transmitir información o aún para tomar decisiones, pero sí se requiere cuando quienes toman las decisiones son los seres humanos (Adams [1975] 1983: 111). [Esto se debe a las limitaciones propias de la naturaleza humana: operación por contrastes binarios, uso de símbolos borrosos, búsqueda de consenso social y otros.]

Lo que se olvida en ocasiones es que, en el sistema cultural humano, los flujos de energía *siempre* transportan información. Por lo tanto, como científicos sociales debemos ver el flujo como algo que tiene invariablemente este doble resultado: (1) el efecto de la nueva conversión de energía-masa en un sistema, con una pérdida concomitante a manos de la entropía; y (2) el efecto de la información sobre un sistema de significados. Dados estos dos aspectos, cuando hablamos del control de las formas de energía podemos estar hablando también del control del propio proceso energético, o del control de la información que transporta, o de ambas cosas. Lo que se controla en el caso de la información es el *marcador*, la forma energética que es el vehículo con los elementos de patrón que comprenden la información. Dado que la información es en sí misma un patrón, el control de la información sólo es realista si es un control sobre los marcadores de la información energética.

Gregory Bateson ha insistido en que la información tiene en realidad una dimensión nula y que "ninguna variable de dimensión nula puede localizarse verdaderamente; la «información» y la «forma» se asemejan al contraste, la frecuencia, la simetría, la correspondencia, la congruencia, la conformidad, etcétera, por cuanto tienen una dimensión de cero, de modo que no pueden ser localizados" (Bateson 1972: 408). Me parece que la concepción de Bateson puede refutarse en cierto sentido, porque el sitio de estos patrones de información, cuando

se transforman en procesos nerviosos humanos, se convierte también en una parte de la cultura (véase White 1949: 282-302). Pero además su control depende por completo del control de sus componentes o manifestaciones energéticas.

Así pues, la información en el sistema nervioso es una transformación de algo que está en su exterior, y se llama significado. Hay una brecha amplia entre el significado y la información, la diferente codificación interior y exterior a la que se refiere Bateson. Las nociones estadísticas de "incertidumbre" y "orden" (que examinaremos en seguida) han sido fundamentales en la teoría de la información y pueden servir dentro del sistema estrictamente cerrado de un hilo telefónico, pero no puede esperarse que funcionen tan bien en los dos sistemas nerviosos que están usando este mismo hilo para comunicarse. En sentido técnico, el flujo de información (es decir, la comunicación) se refiere sólo al primero de estos campos; se refiere al movimiento de los marcadores energéticos en el espacio o el tiempo. No es diferente de ningún otro flujo energético. Sin embargo, ocurre que esta *transferencia de información* ha sido confundida con la *transferencia de significado*. Por ejemplo en antropología, cuando hablamos de un flujo de mensajes, quien habla se limita raras veces a un uso estricto de teoría de la información; a menudo implica intencionalmente que hay cierta consistencia cognoscitiva innata entre lo que salió de un sistema nervioso y lo que llegó a otro sistema y se grabó allí. Está claro que los códigos o sistemas de significado existentes dentro de dos seres humanos cualesquiera deben ser inevitablemente diferentes; y aun cuando pueda haber acuerdo sobre un código, todavía deja mucho que desear la cuestión de la interpretación de significado (Adams [1975] 1983: 131-133).

irreversibilidad. El principio que rige los flujos de energía (Plank). Una medida de la irreversibilidad se obtiene a partir de la entropía de Clausius. El mecanismo que extrae orden del caos (Prigogine). Irreversible significa costoso en términos energéticos.

Se discute mucho si la irreversibilidad del tiempo es intrínseca a la realidad o es un recurso del observador. No está claro si la segunda ley es una generalización probabilística (Boltzmann) o una propiedad natural del universo. Prigogine y Stengers (1983) intervienen en la discusión argumentando que la irreversibilidad es una característica fundamental de la realidad desde el nivel microscópico. La prueba que dan se basa en la "barrera de información infinita" que separa el pasado del presente. Cuando el tiempo transcurre hacia adelante, el azar tiene un papel que desempeñar. Si el tiempo pudiera retroceder por el mismo camino, el azar no podría intervenir, porque cada coyuntura ya está predeterminada. Para eliminar el azar se necesita información. Para revertir un proceso todas las partes involucradas tendrían que "comunicarse" entre sí. El problema de retroceder en el tiempo no está en el conocimiento del observador sino en la masiva correlación de la información, necesaria para invertir las colisiones o relaciones en todos los niveles, desde las partículas subatómicas, pasando por los choques en la carretera, hasta los meteoritos que atrae Júpiter. (Véase Hayles 1993).

Los sistemas vivos están lejos del equilibrio. De acuerdo con los cálculos de Calvet y Prat (1956), un hombre libera 1 caloría/hora/gramo de biomasa, en tanto que el sol produce 2.10^4 calorías/hora/gramo. En otros términos, 1 gramo de peso corporal humano libera 10,000 veces más calor que 1 gramo del sol. Un hombre que corre libera la misma cantidad relativa de calor que un gran trasatlántico; cuando vuela, la mosca de la fruta (*Drosophila*) libera la misma cantidad relativa de calor que un automóvil que corre a gran velocidad; y las bacterias producen tanto calor como un aeroplano. Aunque estos cálculos no

toman en cuenta la relación proporcional entre la superficie y el volumen de los objetos (lo cual debería hacerse, ciertamente, tratándose de objetos tan diferentes en tamaño como un hombre y el sol), lo que demuestran sin lugar a dudas es el alto grado de *irreversibilidad* de los procesos que ocurren entre los sistemas vivientes. (1978: 21-22, citado en Adams 2001: 64)

ley cero. La ley cero de la termodinámica -así denominada por resultar fundamental para la primera, la segunda y la tercera ley-, fue reconocida posteriormente a la formulación de las leyes mencionadas como una ley por derecho propio y no trivial. La ley cero afirma que si dos sistemas considerados por separado están en equilibrio térmico con un tercero, entonces tienen que estar también en equilibrio entre sí. «En equilibrio térmico» significa aquí «a la misma temperatura», de ahí que la ley es básica para la definición del concepto de temperatura (Counihan 1981: 148).

libertad. Complejidad autorreferencial, que no se observa en los objetos inertes, resultado de la clausura autopoiética, esto es, una separación del mundo exterior que constituye el rasgo vital aún más fundamental que la comúnmente citada propiedad de la reproducción. (Margulis y Sagan 1998: 22)

lineal. Concepto matemático que describe la relación entre variables en términos de aritmética sencilla (al representarla gráficamente con coordenadas ortogonales se obtiene una línea recta, de ahí el término).

mecanismo. Grado de *regularidad* en el factor de conversión (Lotka 1921: 194). Los reguladores [*trigger mechanisms*] no son cosas que podrían indicarse con un dedo, diciendo "este es, aquí está", como si fuera el asunto de la mecánica; el *mecanismo* se utiliza aquí en el sentido termodinámico del término, como una regularidad que afecta las variables.

mecanismo detonador [*trigger mechanism*]. Mecanismo de liberación/inhibición de energía. Principio elemental del dispositivo regulador mediante el cual se realiza el proceso conversión energética, el trabajo. Opera "cuando la energía de un sistema se aplica en el ambiente del otro, de modo que el otro se vea obligado a buscar un nuevo estado de equilibrio" (Adams [1975] 1983: 138). Se habla de "mecanismo" porque siempre hay "algún grado de *regularidad* en el factor de conversión" (Lotka 1921: 194); esto es, hay una proporción entre la cantidad de energía liberada y la cantidad de energía utilizada para accionar el mecanismo, que en el ámbito de la economía humana es la que indica el "costo de producción".

Acoplamiento de flujos energéticos que buscan un nuevo estado de equilibrio. Imagen mínima de cómo está estructurada la forma energética. El concepto de mecanismo detonador describe la conjunción de dos flujos energéticos: el flujo sustancial en proceso de liberación mediante un microflujo que lo controla gracias al manejo de información.

Los mecanismos de detonación pueden ser de acción directa o generalizada (por ejemplo, el catálisis), o formarse en cadenas a modo de dispositivos de regulación (por ejemplo, el control centralizado); son necesarios en el transporte, conversión, almacenamiento, mantenimiento, reproducción y todos los procesos que impliquen trabajo. El estado estable de una estructura disipativa depende de la acción de sus mecanismos reguladores, los que a su vez pueden considerarse como estructuras disipativas (Adams 1982: 19).

Sinónimos: gatillo, disparador, desencadenador, catalizador, dispositivo regulador, activador, llave; "puerta energética" (Margalef 1968: 81), "puerta de trabajo" (Odum 1971: 44), "flujo capacitador" (Blackburn 1973: 1141s), "mecanismo de control" (Prigogine 1977), "procesos descriptivos" (Pattee 1973).

Las armas de fuego son una metáfora inadecuada o imperfecta de mecanismo detonador, pues en ellas hay sólo una secuencia lineal de dependencias energéticas. (...) En los sistemas biológicos, el final de la secuencia predispone las condiciones para una repetición (Bateson [1979] 1993: 143).

Los mecanismos detonadores son de muchos tipos, pero uno particularmente interesante para los sistemas culturales humanos es el que transmite a otro sistema una información que cambia el estado energético del segundo. Dado que la información es transportada por marcadores energéticos, es decir, por formas o procesos energéticos, el insumo de información implica, en efecto, un insumo energético; sin embargo, es el patrón preciso sostenido por la energía del detonador el que le permite causar el efecto que realmente tiene (Adams [1975] 1983: 137, véase el perro de Bateson).

meme. Término acuñado por Richard Dawkins (1976) para definir la unidad de del código cultural que se copiará en el proceso de variación/selección cultural, análogamente a lo que sucede en la herencia biológica con los genes. El origen del término tiene que ver con el arte practicado por los mimos. Se trata de ideas, canciones, costumbres, etcétera, todo lo que se transmite por la vía de la imitación, el aprendizaje o invención sobre la marcha.

mente. Concepto batesoniano que se refiere al conjunto de mecanismos de realimentación de un sistema. Versión codificada de sucesos que preceden.

metabolismo. Un incesante remplazamiento de los elementos del sistema vivo. Totalidad de los procesos bioquímicos de disgregación y síntesis. Junto con la herencia, la característica que define la vida como proceso autopoietico:

El metabolismo, la química vital, la manifestación terrena específica de la autopoiesis, ha sido una propiedad de la vida desde su inicio. Las primeras células metabolizaban: utilizaban energía (lumínica o química, nunca calorífica o mecánica) y materia (agua, sales y compuestos de carbono, nitrógeno y azufre) del exterior para formarse, mantenerse y reconstruirse. La autopoiesis en su versión química del metabolismo no es opcional. Es absolutamente obligada en todo momento para cualquier forma de vida en un medio acuoso. (Margulis y Sagan 1996: 62)

mito. Una respuesta sencilla a un problema complicado.

Véase: reducción mental.

modelo. Representación codificada de la realidad. Todo sistema cuenta con una autodescripción, su propio modelo; esto es, un conjunto de realimentaciones que le permite enfrentar el futuro.

Un modelo, como un mapa, no puede abarcarlo todo. Si lo hiciera, ya no sería un modelo, sino un duplicado. El mapa no es el territorio, el modelo no es el sistema. Por tanto la definición clásica del arte como la "purgación de lo superfluo" también se aplica a los modelos. El problema de quien hace el modelo es distinguir entre lo superfluo y lo esencial (Riggs 1970).

Sin embargo, en la epistemología constructivista, la que no encuentra útil el

criterio de la verdad terminal, el cual permitiera -a su vez- purgar "lo superfluo" de "lo esencial", lo accidental es tan importante como lo regular, la excepción es tan interesante como la regla. Un ejemplo de este tipo de modelo es la teoría sintética de la evolución (véase *neodarwinismo*), en el que el azar y la selección desempeñan a la par un papel explicativo. Un modelo así responde algunas preguntas y permite solucionar algunos problemas, pero también abre una ronda de preguntas nuevas y crea otros problemas.

Un modelo es una representación ideal, condensada, de un sistema real. Debe ser lo suficientemente sencillo (con coherencia lógica interna a prueba de una racionalidad), debe permitir la descripción en detalle de un máximo de los hechos, y además debe estar formulado en términos falsables. Un buen modelo debe comportarse como el sistema real, ser lo suficientemente bueno como para permitir aventurar de modo bastante acertado las predicciones sobre el comportamiento de dicho sistema.

Un ejemplo conocido de un modelo sencillo es el gas «ideal» de los físicos, compuesto por los átomos perfectos que se comportan como microscópicas bolas de billar. La fisiología se ocupa de sistemas mucho más activos y complejos: sus modelos casi siempre serán simulaciones construidas en el espacio de la información de un ordenador (Lovelock 1991: 64).

En física el único modelo que se acepta es el modelo matematizado o aritmomórfico, basado en un teorema, que es un mecanismo lógico que impide cometer [cierto tipo de] errores (Georgescu-Roegen 1996). Pero en física medir equivale a interactuar con el universo, si no hay posibilidad de medir algo, ese algo no existe. En términos más generales, no hay conocimiento sin la construcción de modelos falsables.

modelo mental. Un tipo de forma energética especializada en la transmisión de información. Para que otros puedan compartirlo, el modelo tiene que revestirse de significado y reforzarse culturalmente, lo cual también cuesta energía.

neodarwinismo (teoría sintética de la evolución). La combinación de la selección darwiniana y la genética mendeliana, actualizada por la biología molecular. En 1937 Theodosius Dobzhansky (1900-1975) publica *Genetics and the Origin of Species*, demostrando que la selección tiene una base mendeliana. "Nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución", dice. En 1942 Julian Huxley publica *Evolution: The Modern Synthesis*. La mutación suministra la materia prima a la selección. Otro de los padres de la síntesis fue el paleontólogo Georg Gaylord Simpson (1902-1984) quien publica *Tempo and Mode in Evolution* (1944) y *The Meaning of evolution* (1949). El momento de referencia es el año 1959, el aniversario de *Origen de las especies*, y una reunión de especialistas resumida en Tax, S. editor, *Evolution after Darwin*, University of Chicago Press, Chicago, 1960.

niveles. Reducción mental de los procesos de expansión energética (Adams [1975] 1983: 302). Construcciones de poder (112).

Están surgiendo niveles nuevos cuando las unidades se coordinan, y están plenamente constituidos, cuando se centralizan (Adams [1975] 1983: 323).

nivel de articulación. Todas las interacciones entre los componentes de la sociedad en el terreno de lo empírico (Adams [1975] 1983: 178).

Nivel de articulación se refiere a la posición relativa que ocupan dos unidades que se encuentran articuladas y que son aproximadamente equivalentes en poder

(Adams 1978: 105).

Nivel de articulación se refiere a la localización de las confrontaciones y de la cooperación real; en cierto sentido, es donde las personas o grupos se ubican en su propio nivel. Al igual que la noción de relación social, las personas involucradas en ella la conciben mentalmente como una realidad; pero debe ser construida por el investigador que desea comprender cómo funciona la sociedad (106).

Se observará un nivel de articulación siempre que ocurra una confrontación continua; y se formarán niveles adyacentes siempre que haya una relación continua de superordinado-subordinado (93).

nivel de integración. Clasificación que utiliza la sociedad para describir su propia organización (Adams [1975] 1983: 178). En la teoría del poder, organización de conjuntos coordinados (Adams [1975] 1983: 93).

Nivel de integración se refiere a una simplificación pública y al ordenamiento de los niveles de articulación. Ya que estos últimos son en esencia privados y diferentes para cada individuo, sacarlos a la luz pública conduciría a la confusión. La visión individual de los niveles de articulación constituye el mapa de las diferencias de poder con las cuales el individuo está familiarizado, pero no sirve para la sociedad en su conjunto (Adams 1978: 106).

Julian Steward, el principal responsable del establecimiento firme de este concepto la antropología, reconoció pronto su semejanza con el concepto los niveles de organización existente en la biología. "En el continuo de crecimiento de toda cultura hay una sucesión de tipos de organización, los que no sólo son cada vez más complejos sino que presentan nuevas formas que surgen" (Steward 1955: 51). "Este concepto de los niveles de la integración sociocultural es útil para el análisis de estructura interna de sistemas contemporáneos complejos, además de que describe el surgimiento sucesivo de niveles cualitativamente nuevos en el desarrollo histórico" (Steward 1955: 5).

¿Cuál es entonces la relación que existe entre los niveles de articulación y los niveles de integración? En esencia, es la misma que hay entre la descripción de los sucesos ocurridos en un lugar en un momento dado, o en un lugar restringido durante un período de tiempo restringido, y la conceptualización de tales sucesos hecha por personas que deben discutirlos y conservar un mapa cognoscitivo de la sociedad en la que operan. Es la diferencia existente entre lo "etnográfico" y lo "etnológico" (Goodenough 1956: 57, véase también Rappaport 1968: 237-41); es decir, la diferencia entre la descripción de un caso particular y un sistema conceptual general que debe explicar este caso y otros. Sahlins señaló que los niveles de integración son clasificaciones de unidades socioculturales con culturas peculiares (Sahlins 1960: 33); y las clasificaciones son, obviamente, construcciones mentales elaboradas por un observador o analista.

Los niveles de articulación, así como las unidades operativas que los conforman, son instrumentos de clasificación que permiten identificar sucesos reiterados específicos, interacciones repetitivas que manifiestan cierto patrón. Un nivel dado de articulación puede tener una vida muy breve, o puede sobrevivir durante largos períodos. Los niveles dependen de la interacción continua de las unidades de operación dotadas de poder aproximadamente equivalente. Por lo tanto, en una sociedad dada, la identificación de los niveles de articulación plantea la tarea etnográfica común, la de determinar las coordenadas de tiempo-espacio de un conjunto de comportamientos repetitivos y de sus relaciones con otros comportamientos. En circunstancias normales, esto puede generar una descripción embrollada y demasiado compleja para una comparación adecuada con otras

situaciones culturales (ya sea de otras culturas o de la misma cultura en una época anterior). Tanto quienes viven en sociedades como los observadores de sociedades consideran necesaria la clasificación de conjuntos de niveles de articulación en clases más amplias, y el sistema resultante de niveles conceptuados es lo que estamos llamando niveles de integración. Los niveles de articulación derivan de la observación o el registro de las interacciones y transacciones existentes entre los seres humanos; los niveles de integración se construyen a partir de datos sobre niveles de articulación, con algunas dimensiones conceptuales y cognoscitivas aplicadas a esos datos a partir de nuestro mapa cognoscitivo generalizado del mundo. El último factor significa que, en la formulación de niveles de integración, someteremos los datos a los procesos y restricciones establecidos por nuestras capacidades y limitaciones cognoscitivas. Esto no quiere decir que la formulación de niveles de articulación no esté sujeta igualmente a tales restricciones, pero en su formulación no se tratará necesariamente de clasificar o agrupar los datos; más bien se tratará de reconocer los niveles mismos, identificarlos y diferenciarlos.

(...) Tengo la impresión de que, para el estudio de la sociedad compleja, los niveles de articulación y los niveles de integración resultarán herramientas conceptuales indispensables.

Inevitablemente, los niveles reflejan no sólo la diferenciación del poder sino también la concentración relativa del poder. Cuando entra un poder nuevo en un sistema, la cantidad de poder existente en la cima aumentará desproporcionadamente y también aumentará la probabilidad de formar nuevos niveles. Los mecanismos que entran en juego aquí son, comúnmente, el poder asignado y el poder explotador (es decir, unos pocos pueden tomar o recibir algo de poder de los muchos; por otra parte, el poder delegado conduce necesariamente a la desconcentración, la dispersión de la toma de decisiones a niveles inferiores)." Así pues, hablar de niveles es hablar de un fenómeno inevitablemente existente en toda sociedad en la que haya alguna asignación o concesión de poder, esto es, de un fenómeno presente en todas las sociedades humanas (Adams [1975] 1983: 96-9).

Los niveles de articulación y de integración tienen obviamente su origen en la diferenciación binaria. Aparecen como niveles de distancia social en círculos coordinados; a medida que el poder aumenta, se convierten en niveles de articulación. Pero la mente humana, que opera en un contexto social determinado, está limitada [también] en cuanto al número de dimensiones taxonómicas que puede emplear sin dificultad; de modo que a pesar de los aumentos demostrables del poder y a pesar de la posibilidad de incrementar los niveles casi indefinidamente, esto no ocurre. Los niveles de integración sustituyen a los niveles de articulación, lo que reduce a un máximo de seis o siete el número de niveles que la mente humana puede manejar.

Así pues, mientras que las sociedades se vuelven crecientemente complejas en términos de sus estructuras energéticas, las dimensiones de su organización social se reintegran constantemente a las dimensiones estructurales mentales que son comprensibles para la mente humana (Adams [1975] 1983: 305-6).

no equilibrio, régimen de. Condición del contorno que tiene el potencial termodinámico suficiente para evitar que el sistema alcance el equilibrio.

Régimen termodinámico en el que las fluctuaciones pueden sobrevivir. Según Ilya Prigogine:

No hay diferentes leyes para diferentes tipos de evolución; lo que cambia es la "situación termodinámica" o el régimen, que puede ser básicamente de dos tipos: el cercano y el lejano al equilibrio. (...) En el régimen de no equilibrio se observa el

surgimiento de sistemas que no pierden *la memoria* de su organización. Estos sistemas evolucionan hacia estados estables obedeciendo las mismas leyes de la termodinámica que los sistemas aislados. Las estructuras de un sistema abierto se mantienen gracias a que el sistema transfiere hacia el entorno una parte de energía que se disipa a lo largo de todos los procesos de conversión. De ahí el nombre de *sistemas disipativos* (Glansdorff y Prigogine 1971: 288).

También: alejado de equilibrio, lejos de equilibrio.

no lineal. Modelo matemático de sistemas complejos, que son sensibles a las condiciones iniciales. En estos sistemas una diferencia mínima en el valor inicial de alguna variable desemboca en trayectorias divergentes. Una causa pequeña desencadena grandes transformaciones. Un ejemplo muy socorrido es el *efecto mariposa* (véase). Las ecuaciones no lineales describen la pauta maestra de sistemas autoorganizativos, llamada el "atractor". El funcionamiento de sistemas no lineales consiste en la interconexión de partes mediante bucles de realimentación negativa. Trayectoria del sistema que experimenta períodos irregulares de determinismo e indeterminismo, sinónimo de *estocástico*.

ontogenia/filogenia. Aunque hasta ahora *no tenemos idea* de cómo los hábitos voluntarios de un organismo o incluso una especie pueden convertirse en la fisiología de una generación futura a través de la base material de la herencia, (...) sabemos, por ejemplo, que muchos entes orgánicos adquieren nuevos rasgos heredables por *simbiogénesis*, y que multitud de ellos, aparte de nosotros, son capaces de aprender. (Margulis y Sagan 1996: 186)

Aunque la ciencia moderna *no nos ofrece ningún mecanismo* que transmita los hábitos aprendidos de una generación a la fisiología de la siguiente, la experiencia enseña que la acción consciente puede convertirse en inconsciente a base de repetición. El abismo entre nosotros y los otros entes orgánicos es cuestión de grado, no de clases. En conjunto, la sensibilidad aumentada resulta de la acumulación de los pequeños propósitos, requerimientos de metas de billones de predecesores autopoieticos que toman decisiones que influyeron en su evolución. Si concedemos a nuestros ancestros aunque sea una minúscula fracción del *libre albedrío*, la *conciencia*, la *cultura* que experimentamos los humanos, los incrementos de complejidad en la Tierra en los últimos miles de millones de años, resultan más fáciles de explicar: la vida es el producto no sólo de fuerzas físicas ciegas, sino también de la *selección*, en el sentido de que los organismos eligen. Todos los seres autopoieticos tenemos dos vidas, la vida que nos es dada y la que hacemos nosotros. (182)

orden. En física relación binaria entre factores que definen un sistema de manera exhaustiva. Donde hay orden, hay determinismo; donde hay organización, en cambio, hay intencionalidad.

orden cultural. Asignación del significado por vía de la organización de la información (Adams [1975] 1983: 145). Ordenar es "conformar el ambiente a una idea" (Douglas 1972: 12, citado en Adams [1975] 1983: 144). El orden cultural reside por completo en nuestra mente, (...) esto es, en el mundo cultural, y no debemos considerar nuestras acciones [de ordenamiento] como una especie de reversión del proceso cósmico. Por el contrario, tales procesos aceleran el proceso cósmico de la conversión de energía y la consecuente producción de entropía (Adams [1975] 1983: 144).

ordenamiento. El principio mediante el cual se establecen los elementos de un conjunto en relación con el todo (Dumont 1970: 66, citado en Adams [1975] 1983: 193).

organización. *Procesos informáticos de realimentación que permiten controlar el incremento de entropía a una tasa mínima. Relación funcional entre las partes del sistema. Diseño que exhibe una intencionalidad.*

organización social. Organización que opera a través de una conjunción de estructuras mentales con estructuras energéticas (Adams [1975] 1983: 269).

oscilación horizontal/vertical. Patrón evolutivo de los sistemas sociales.

paradoja de la irreversibilidad. Lo que es azaroso en el nivel micro, da lugar a comportamiento coordinado en un nivel superior de organización.

¿Cómo conciliar el hecho de que los sistemas macroscópicos sean irreversibles, al mismo tiempo que los microscópicos son reversibles? La investigación de la realidad subatómica no se refiere al tiempo y al espacio que vivimos en la realidad ordinaria. No puede haber ningún estado de equilibrio en el mundo descrito por la mecánica (la newtoniana, la relativista o la cuántica). Con una sola excepción, la de la segunda ley de la termodinámica, las leyes fundamentales de la física son simétricas en el tiempo (todos los instantes son equivalentes) y no distinguen ningún estado final especial donde se haya gastado todo el potencial de cambio (Coveney y Highfield 1993, I: 218).

El de la física es un mundo que se agita sin desgaste, que contradice toda experiencia de cambio cualitativo. El reduccionismo y el determinismo se basan en la simetría del tiempo.

pisos ecológicos. Franjas longitudinales características de un paisaje montañoso en las que se agrupan los microhábitats del ecosistema local.

principio de complementariedad. Dogma epistemológico propuesto por Niels Bohr: "Sólo la totalidad de los fenómenos agota la posible información sobre los objetos". Por ejemplo, las dos teorías sobre la naturaleza de la energía, la corpuscular y la de onda, son mutuamente contradictorias, pero deben aceptarse conjuntamente. Así también la teoría mecánica y la termodinámica. La única clase posible de teoría es una teoría parcial de aspectos limitados de la totalidad. En la mayor parte de los casos, ninguna teoría por sí sola es suficiente para explicar un acontecimiento. (Georgescu-Roegen 1996: 83)

perpetuum mobile. Un mecanismo imaginado por los alquimistas de la época medieval. Mover cosas sin consumir energía: movimiento perpetuo de primera especie. Mover cosas consumiendo una y otra vez la misma energía o mover cosas consumiendo siempre la misma cantidad de energía: movimiento perpetuo de segunda especie.

perro de Bateson, el. Si le doy el puntapié a una piedra, razona Bateson ([1979] 1993: 113), le paso la energía y la piedra se mueve; si le doy el puntapié a un perro es cierto que mi acción puede tener un efecto físico de poner al perro en la órbita newtoniana; pero no tiene por qué suceder así. El perro puede, anticipándose al

golpe, responder con la energía que extrae de su propio metabolismo. El sistema no se mueve por el impacto de la fuerza bruta, como en el determinismo. En el "control" mediante la información la energía ya está disponible en el sistema que responde.

poder. En ingeniería, la tasa del flujo de energía útil expresada en términos medibles (Odum 1971: 26). En el ámbito social y en un sentido amplio el poder es la toma y ejecución de decisiones acerca del ejercicio de una tecnología, que mantiene o modifica un orden (Adams [1975] 1983: 31).

poder social. El poder es nuestra manera de "controlar" a nuestros semejantes (personas con capacidad de razonamiento). El poder, como la cultura misma, consiste en conjunciones particulares de lo energético y lo mentalístico (Adams 1978: 23 y 63).

El poder es aquel aspecto de las relaciones sociales que indica la igualdad relativa de los actores o unidades operativas; resulta del control relativo ejercido por cada actor o unidad sobre los elementos del ambiente que interesan a los participantes. Por lo tanto, es un fenómeno sociopsicológico, mientras que el control es un fenómeno físico (Adams [1975] 1983: 26). El reconocimiento de la *reciprocidad* continua de las relaciones de poder es importante porque aclara que el poder existe independientemente de que su distribución sea desigual o no. (...) Otra característica importante de los sistemas de poder es que están potencialmente presentes en todas las relaciones sociales (Adams [1975] 1983: 44).

Es el control del ambiente por parte de un actor [o de una unidad operativa] lo que constituye la base del poder social; sin embargo, esa base sólo puede operar si es culturalmente reconocida por otros actores. Es posible que el reconocimiento no afecte el control, pero afectará la capacidad para usar ese control e influir sobre los demás (Adams [1975] 1983: 29).

El poder puede definirse, para toda sociedad, como algo derivado de la necesidad de luchar contra la entropía que la amenaza con el desorden (Balandier 1970: 36, citado en Adams [1975] 1983: 45).

El poder social, la capacidad para lograr que alguien haga lo que nosotros queremos mediante nuestro control de los procesos energéticos que le interesan, es el elemento central de todos los procesos de organización (Adams [1975] 1983: 140).

(...) uno de los más importantes tipos de dispositivo detonador [*trigger device*] del que dispone el ser humano (Adams 1975: 121).

Un instrumento de intermediación que conecta el universo energético con el universo mental (Adams [1975] 1983: 213).

Al examinar el poder social (por oposición al uso ingenieril [el cual es medible]) no nos interesa tanto la tasa del flujo o de conversión, como *el control que un actor, una parte, o una unidad de operación, ejerce sobre algún conjunto de formas o flujos de energía y, más específicamente, sobre algún conjunto de formas o flujos de energía que forme parte del ambiente significativo de otro actor*. Lo importante para distinguir este concepto del utilizado por Odum es el hecho de que las formas y los flujos de energía deben ser pertinentes para algún sistema de valor y significado, es decir, deben ser *culturalmente reconocidos* (Adams [1975] 1983: 28).

(...) relación entre las partes, pero es también una relación que existe por referencia a cosas que pueden describirse como externas a cualquier actor particular: las formas y los flujos de energía y la equivalencia de los valores (Adams [1975] 1983: 34).

La clave para comprender el poder consiste en asumir que cualquier expresión de poder representa necesariamente alguna estructura; el problema siempre radica en encontrar la estructura de la cual forma parte (Adams 1978: 113). La estructura del *poder* se refiere a cualquier conjunto sistémico de relaciones a través de los cuales los actores y las partes manifiestan sus preocupaciones relativas por el control sobre el ambiente y el poder sobre sus semejantes (Adams [1975] 1983: 37).

Si reconocemos que el consumo (la destrucción del acervo) es tan importante para la vida humana como la producción, se sigue que la base del poder no reside sólo en el control de los medios de producción, sino también en el control *del conjunto total de los procesos de conversión*, incluidos el consumo y la destrucción (Adams [1975] 1983: 161).

El poder, a diferencia del control, presupone que el objeto posee capacidad de razonamiento y las suficientes dotes humanas para percibir y conocer. Sólo puede ejercerse poder cuando el objeto es capaz de decidir por sí mismo qué es lo más le conviene. (...) El poder es nuestra manera de «controlar» a los seres humanos (Adams 1978: 23).

No sólo todos los miembros de una relación social poseen algún poder, sino que no existe ninguna relación social sin la presencia del poder (Adams 1978: 25).

(...) el sistema en el cual el hombre pone en juego su interés personal (Adams 1978: 47).

Al decir que el poder es un aspecto de la relación social, hacemos una concesión al uso común, un uso que probablemente oscurece tanto como clarifica. Lo que «existe» es un conjunto de acciones e interacciones, y un conjunto relacionado de ideas y sentimientos. La «relación» es un modelo mental que elaboramos para unir ambos elementos en una síntesis única. (...) el poder reside, en forma de ideas, en la mente de las personas; pero se actúa en base a las ideas que se refieren al poder y, al hacerlo, estas se ven proyectadas, y por tanto incorporadas al mundo energético (Adams 1978: 62).

(...) sala psíquica autoconstruida (Adams 1978: 87).

(...) el poder se traslada naturalmente a niveles superiores, donde reproduce mayores concentraciones, (...) en un proceso unidireccional: el incremento de poder en cualquier organización social compleja resultará en esfuerzos por concentrar ese poder en los niveles superiores (Adams 1978: 137).

poder asignado. La asignación del poder es fundamentalmente un proceso de centralización; otorga el derecho de tomar decisiones a alguna(s) unidad(es) y lo niega a otra(s) (Adams [1975] 1983: 261).

poder dependiente. El ejercicio del poder dependiente deja el control en manos de un actor, pero asigna la toma de decisiones a otro. Convendrá distinguir tres clases de tales transferencias de poder: *concesión*, *asignación* y *delegación* (Adams [1975] 1983: 58).

La concesión de poder ocurre cuando un actor o una unidad operativa otorga al otro el poder de toma de decisiones. (...) Se concibe de ordinario como la concesión de un «derecho» a alguien. (...) Las unidades operativas coordinadas se basan por entero en esta clase de concesión de poder.

El poder asignado y el poder delegado se distinguen porque son las formas comunes de concesión de poder que generan distintas clases de estructuras de poder. Distinguiremos una clase de la otra dependiendo de que el poder se transfiera de muchos a uno, o de uno a muchos. Si el receptor es único y se le concede algún poder particular que cada uno de un conjunto de otorgantes puede

conceder, diremos que tiene *poder asignado*. En cambio, si el receptor es uno de varios receptores de poder del otorgante, diremos que tiene *poder delegado*. (Adams [1975] 1983: 59).

poder independiente. El poder del controlador. La más sencilla de las variedades del ejercicio del poder y se da cuando el actor retiene la toma de decisiones y el control. El poder independiente se encuentra en la base de la red de controles de todos los sistemas de poder (Adams [1975] 1983: 56).

potencialidad real/cultural. La forma energética y su modelo cognoscitivo.

Dado que las decisiones se toman en términos de lo que piensan los individuos que son estas potencialidades de energía, no en términos de lo que en última instancia se descubre, es importante que distingamos una *potencialidad real* (la que realmente se revela) y una *potencialidad cultural* (la que creen verdadera los actores). [Nota: Esta distinción se analiza con mayor detenimiento en R. N. Adams, 1970a: 48-51.]

Así como nunca podemos conocer realmente la realidad, no podemos conocer nunca realmente la potencialidad real (de la energía). Siempre debemos operar sobre la base de las ideas que tengamos acerca de la realidad, y estas ideas se construyen por la cultura y la experiencia. En toda relación, cada actor tiene sus propias ideas, su propia potencialidad cultural, acerca de la situación. Después de una actividad o interacción donde se ponga a prueba de algún modo la realidad, las potencialidades culturales de cualquiera de las partes, o de ambas, pueden cambiar de acuerdo con su experiencia. Pero durante todo este proceso, las únicas bases de las decisiones son las potencialidades culturales de los actores (Adams [1975] 1983: 32).

primera ley. Ley de conservación de la energía: la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. La energía del universo permanece constante (Clausius). Cuando una forma de energía se convierte en otra, no hay pérdida ni ganancia neta (Lovelock 1992).

principio de Lotka. Principio de operación de las estructuras disipativas (Adams 1982: 21), que a la letra dice:

En todo instante considerado, la selección natural va a operar de tal manera que se incremente la masa total del sistema orgánico, que se incremente la tasa de la circulación de la materia a través del sistema y que se incremente el flujo energético total a través del sistema, en tanto esté disponible un residuo no utilizado de materia y energía (Lotka 1925: 35). El principio permite manejar la selección natural en términos de la energética: "la lucha por la existencia es en primera instancia una disputa por la energía disponible" (Boltzmann 1886, citado por Lotka 1925: 355). Según Odum (1971) el principio de Lotka es el principio organizador que rige la evolución de sistemas físicos, ecológicos y sociales.

El meollo del argumento de Lotka es que la evolución, como un proceso que sigue la segunda ley de la termodinámica, acelera "la circulación de materia a través del ciclo vital, agrandando la rueda [del molino] y haciéndola girar más rápido" (Lotka 1922: 148). La selección natural favorece a las poblaciones que convierten la mayor cantidad de energía, es decir, que controlan la mayor cantidad de formas y procesos energéticos (Adams [1975] 1983: 145).

En la termodinámica nos hemos acostumbrado a desentendernos del mecanismo. Al tratar las conversiones de energía mediante la acción detonadora

debemos cambiar por completo de actitud. Aquí todo depende del mecanismo. Si encontramos algún grado de regularidad en el factor de conversión, ello se debe a las regularidades existentes en el mecanismo, es decir, en el organismo humano, y a su agregación social (Lotka 1921: 194, citado en Adams [1975] 1983: 136).

probabilidad. La probabilidad es esencialmente una cuestión de clasificación. Carece de sentido si no se indica en forma explícita o implícita la característica acerca de la cual se establece la probabilidad. Un suceso improbable es miembro de una clase pequeña, y el hecho de que lo sea o no depende claramente de nuestro sistema de clasificación. Por eso, la afirmación general que a veces se hace, en el sentido de que la evolución va en la dirección de los estados menos probables hacia los estados más probables, no sólo es inadecuada sino carente de sentido. Es una afirmación indefinida por cuanto no especifica en relación con qué característica se establece la probabilidad (Lotka 1925: 34-5, citado en Adams [1975] 1983: 146). En matemática se sabe que todas las configuraciones particulares son *a priori* igualmente improbables.

procesos energéticos. Materia prima para la selección natural (Lotka 1925).

procesos evolutivos. (clases de) En la evolución de la estructura del poder social (...) hay cuatro clases de procesos evolutivos: *pristino*, *emergente*, *integrador* y *desintegrador*. Lo que distingue a la evolución emergente de la pristina es el hecho de que, en primer caso, la unidad operativa en cuestión se está expandiendo dentro de un dominio ya existente, lo que genera un enfrentamiento inevitable con la unidad más poderosa del dominio, si su desarrollo continúa hasta este punto (Adams [1975] 1983: 226). La integración se da con el surgimiento de niveles superiores. La desintegración de unidades operativas o niveles tiene importancia en la investigación de condiciones de estado estable en un ecosistema antropocéntrico (véase Adams [1975] 1983: 228).

procesos repetitivos. Reducción en el nivel mental de la expansión energética; conceptualización del proceso en fases de crecimiento y desarrollo, coordinación y centralización; oscilaciones horizontales y verticales que obedecen a un patrón básico de la evolución (véase Adams [1975] 1983: 302-24). Véase: niveles.

progreso. Incremento continuo de complejidad (Prigogine y otros 1974). Un creciente control del medio (Adams 1975).

En la medida en que avanza la cultura el ser humano recurre cada vez más a detonadores no humanos: primero las herramientas manuales, luego la domesticación de plantas y animales, en seguida el control del viento y del agua, más tarde las máquinas y el combustible fósil, y más recientemente la energía nuclear. El costo energético total *per capita* de la acción detonadora ha aumentado sostenidamente (Adams [1975] 1983: 140).

principio detonador-flujo [*trigger-flow principle*]. Principio de escala.

punto de bifurcación. Término matemático de la teoría de catástrofes (Thom 1972). En el régimen de no equilibrio una solución sencilla puede ramificarse en dos posibles soluciones, y cada una de ellas puede ramificarse a su vez (Prigogine, Allen y Herman 1977: 1-63).

El punto de bifurcación describe el comportamiento típicamente estocástico

del sistema, que abandona una rama de evolución y se desplaza hacia la otra; "se trata de algo que está absolutamente fuera de control y frecuentemente más allá de nuestra capacidad de comprensión. La ruta que siga una estructura en evolución puede estar determinada por acontecimientos fortuitos o aparentemente triviales desde el punto de vista energético" (Adams 1988: 66).

Otro patrón sorprendente es la repetida aparición de catástrofes —quizá puntos de bifurcación planetarios—, seguidas por intensos períodos de crecimiento e innovación. Así, la desastrosa reducción de hidrógeno en la atmósfera de la Tierra hace dos mil millones de años, condujo a las mayores innovaciones evolutivas: el uso del agua en la fotosíntesis. Millones de años después, esta nueva tecnología, tremendamente exitosa provocó una crisis de polución catastrófica por acumulación de grandes cantidades de oxígeno tóxico. La crisis de oxígeno, a su vez, desencadenó la evolución de bacterias que respiraban oxígeno, otra de las espectaculares innovaciones de la vida (Capra 1998: 243).

realimentación. [*feedback*] Mecanismo de control interno del sistema que consiste en la capacidad de percibir las diferencias y comparar las variables de entrada con las de salida para corregirlas; cuando las diferencias se reducen la realimentación es *negativa* y cuando aumentan, es *positiva*. Propiedad encontrada en sistemas fisiológicos, ecosistemas, sistemas cibernéticos y todos los que procesan energía e información. Condición necesaria, no suficiente, de la autoorganización.

Cualquier conjunto de sucesos u objetos que tenga la complejidad de circuitos causales y que guarde relaciones energéticas con su medio, con toda seguridad mostrará características mentales, esto es, de autorregulación. Cuando la cibernética asumió la causalidad circular (teleológica), abrió las puertas a la concepción de la *mente* en la ciencia como parte integral del sistema. La mente —en tanto el conjunto de mecanismos de realimentación— no es una «entidad» inmaterial, algo distinguible del sistema, que desde dentro o desde fuera «gobierna» todo. Sistemas dotados de mecanismos de realimentación no actúan debido a transferencias de fuerza física bruta (como las bolas del billar), sino porque utilizan sus propias fuentes de información, lo cual les da cierto grado de autonomía respecto del medio. Estos mecanismos conservan la memoria de su *statu quo ante* (una suerte de mapa), y son sensibles a la *diferencia* entre el ideal que guardan y el movimiento efectivamente ejecutado (véase Bateson 1985).

Véase: realimentación, reacción, causalidad circular, autorregulación, homeostasis.

reducción mental. Proceso mediante el cual la mente humana clasifica las complejidades energéticas del mundo de acuerdo con las categorías simplificadas preestablecidas (bueno/malo, sucio/limpio, ordenado/des-ordenado, etcétera).

En el proceso básico de la expansión de la humanidad, la expansión energética se percibe y se limita por la dimensión de la capacidad mental del hombre. Sin embargo, la expansión continúa por su dinámica propia, y de nuevo se percibe y se reduce a la capacidad del hombre; y el proceso se repite. Si la expansión excediera la capacidad del hombre y este no pudiera reducirla a su tamaño, perdería el control. La reducción a la capacidad mental del hombre es el arma secreta de la adaptación humana; el hombre puede manejar algo cuando puede «reducirlo a su tamaño». Si no puede hacerlo, ese algo lo manejará a él (Adams [1975] 1983: 306).

representación. The form of representation cannot be divorced from its purpose and the requirements of the society in which the given language gains currency.

(Gombrich: *Art and Ilulusion*, citado en Laquer 1990:193)

resiliencia. Elasticidad. Capacidad de un sólido para recuperar su forma y tamaño originales, cuando cesa la presión de las fuerzas causantes de la deformación (Vocabulario Científico y Técnico, Espasa 1996). Lo anterior vale para las estructuras en equilibrio. Para las estructuras disipativas, la resiliencia es "una medida de la capacidad del sistema para absorber las transformaciones que ocurran en las variables de estado, en las variables dinámicas y en los parámetros, y de la aptitud para persistir a pesar de los cambios" (Holling 1976: 83). De acuerdo con esto, la resiliencia consiste en la redefinición de la estructura para permitir que se "adapte" al ambiente cambiante. Por contraste, el equilibrio tiene que ver con irregularidades de corto plazo y es la aptitud para absorber las fluctuaciones y regresar al estado anterior (Adams 2001 [1988: 25]).

secuencia de crecimiento. Etapas de identificación, coordinación y centralización en el modelo de la evolución social desarrollado por Adams (1975).

La *secuencia de crecimiento* reiterativa es en esencia un proceso de creación de nuevas unidades operativas integradas por unidades de identidad existentes (Adams [1975] 1983: 305).

Véase: sucesión, evolución.

segunda ley. La ley de la entropía. En un sistema aislado la entropía, a diferencia de la energía, no se conserva.

La segunda ley tiene varias formulaciones: (1) el calor no pasa por sí mismo de un cuerpo más frío a uno más caliente (Clausius); (2) el proceso de la conducción del calor no puede ser de ningún modo completamente revertido (Planck); (3) la entropía del universo se mueve en todo momento hacia un máximo (Carnot); (4) en la naturaleza hay una tendencia constante a que el orden se convierta en desorden; (5) la entropía es la medida del desorden molecular (Boltzmann); (6) cuando una forma energética se convierte en otra siempre se pierde cierta cantidad de energía como calor irrecuperable: es imposible convertir todo el calor en trabajo; (7) el estado más probable de un sistema es aquel que maximiza su entropía global, es decir, la interna más la que transfiere al medio (Prigogine, también llamado el *principio de máxima entropía*). No todas estas generalizaciones son equivalentes; en especial no hay consenso en equiparar la entropía con todo tipo de desorden.

Yo creo que la segunda ley debe usarse por su valor heurístico, independientemente de cómo se haya usado en otro campo científico; sin ella hay pocas bases para una teoría importante (Adams [1975] 1983: 128).

selección grupal. Lo que es bueno para el individuo, es bueno para la especie. En la década de los 70 se dio una discusión sobre la selección grupal como una posible fuerza evolutiva. ¿Evoluciona la especie? La especie es potencialmente una unidad reproductiva, pero no quiere decir que sea de hecho una unidad evolutiva. Comúnmente se piensa que los rasgos que encontramos en la naturaleza están ahí porque benefician a la especie, la población o el grupo. Esta idea tuvo su formulación científica en la teoría de V.C. Wynne-Edwards publicada en el libro *Dispersión animal en función del comportamiento social*. En la actualidad esta idea ya no tiene ningún defensor. De acuerdo con la teoría darwiniana cada individuo es diferente. La considerable semejanza de los individuos de una especie se debe a que los rasgos se propagan mediante la

reproducción diferenciada: los individuos mejor adaptados tienen más descendientes y sus rasgos se difuminan en la población. Los rasgos ventajosos para el individuo lo son también para el grupo, pero esto no siempre es así, si tomamos en cuenta el componente malthusiano de la evolución. Ningún grupo puede crecer mucho tiempo por encima de la capacidad de su medio. Para el individuo siempre será ventajoso producir la máxima cantidad de descendientes, si es que sus rasgos han de perdurar y propagarse. El hecho de que este interés individual puede llevar al agotamiento de los recursos no representa ningún obstáculo a la superioridad competitiva de los individuos que la ostentan. ¿Por cuáles medios podría imponerse el interés grupal? El agotamiento de las fuentes de alimento no representa ningún freno a la superioridad competitiva de ciertos organismos. Hay un sinnúmero de ejemplos en la naturaleza que las ventajas reproductivas a corto plazo individuales conducen a un callejón sin salida. El cáncer es uno de ellos. (Véase Williams, G.C., *Adaptation and Natural Selection*, Princeton University Press, Princeton 1966 y Dawkins, R., *The Selfish Gene*, Oxford University Press, Oxford 1989. Resumen del argumento de Austad, Steven N., *Por qué envejecemos*, Paidós, Barcelona 1988.)

selección natural. En biología concepto que sintetiza el mecanismo de la evolución. En la energética, todo lo que afecta el desempeño de una forma o flujo energético. El conjunto de controles o regulaciones que operan en la expansión energética (véase Adams 1982). Lo contrario del azar.

La selección es "un mecanismo muy general, que opera sobre todo tipo de estructuras de herencia" (Campbell), sistemas que cuentan con la memoria de sus condiciones iniciales (Prigogine).

El paradigma de la selección natural -formulado simultáneamente por Charles Darwin y Alfred Wallace- se basa en la idea de la dependencia mutua entre los organismos y entre estos con su medio; en palabras del propio Darwin, la selección se deriva de un conjunto de "leyes que actúan a nuestro alrededor":

Estas leyes, en su sentido más amplio, son la reproducción, la herencia que es casi una implicación de la anterior, la variabilidad a partir de la acción directa e indirecta de las condiciones de vida externas, junto con el uso y el desuso, una tasa de crecimiento lo bastante alta para conducir a una lucha por la vida, y como consecuencia de ello a la selección natural, todo lo cual acarrea una divergencia de caracteres y la extinción de las formas menos avanzadas. Así, de la guerra de la naturaleza, del hambre y la muerte, se deriva directamente el objeto más sublime que somos capaces de concebir, a saber, la producción de los animales superiores (Darwin [1859] 19xx: 489).

La "lucha por la vida" es una consecuencia natural de la ley de entropía. Tiene lugar entre individuos, entre especies y -en la especie humana- ha adoptado también la forma de conflicto social (Georgescu-Roegen 1996).

Proceso de construcción/destrucción de formas energéticas; autoorganización. Interdependencia entre estructuras que buscan mantener sus propios estados de equilibrio (Adams [1988] 2001).

La selección natural es una conjunción, frecuentemente fragmentada y en ningún sentido organizada, de obstáculos e inhibiciones, grandes y pequeños, que la naturaleza y el hombre reúnen colectivamente con el fin de desviar y en ocasiones dirigir el curso de la historia.

La *explicación basada en la selección* es la teoría que intenta examinar estas conjunciones, para luego detallar sus partes componentes y especificar su dinámica. No es que los seres humanos simplemente estén confrontados con la selección

natural, sino más bien su conducta manifiesta las partes activas del proceso mismo. El conflicto y la cooperación entre los hombres son igualmente partes del proceso selectivo, así como lo son la cantidad de energía disponible a partir del sol, la cantidad de alimentos producidos con una determinada cantidad de agua y el monto de rendimiento de la inversión extranjera (Adams 1982: 28).

Lo importante es advertir que la selección no opera a través de las causas próximas, sino a través de las relaciones entre los niveles de integración. La comprensión de este esquema de causalidad, el de la causalidad basada en la selección, es primordial para la aplicación de la energética a las realidades sociales. La idea forma parte de la epistemología estructuralista, tal como la expone Jonathan Friedman (1974: 444-469).

simbiogénesis. Adquisición de genomas. Según Lynn Margulis además de las mutaciones al azar, por principio ciegas y sin rumbo, también hay otra fuente de improvisación, la "fuente sinérgica", en la que dos formas distintas preexistentes se unen para componer una inesperada tercera forma. Margulis sostiene que su tesis de "incorporación simbiótica" supera al darwinismo.

Fue el arquitecto norteamericano Buckminster Fuller quien introdujo la palabra "sinergia" (del griego *synergos*, trabajar juntos) para describir entidades que se comportan como algo más que la suma de sus partes. Desde el punto de vista científico, la vida, el amor y el comportamiento aparecen como fenómenos sinérgicos. Cuando hace largo tiempo se juntaron ciertas sustancias químicas, el resultado fue la vida. La sinergia también es aplicable a los protistas a partir de las bacterias, y de los animales a partir de los protistas. (...) La evolución ha dado grandes saltos gracias a la incorporación simbiótica de componentes previamente perfeccionados en linajes separados. Módulos preexistentes (que en última instancia son bacterias), generados por mutación y perpetuados por la selección natural, se ensamblan formando alianzas, asociaciones, organismos, nuevas complejidades que influyen en la selección natural y son influidas por ella. (Margulis y Sagan 1995: 17).

síntesis moderna. Véase neodarwinismo.

significado. El contexto del signo.

sistema. Arreglo de componentes físicos; un conjunto de cosas unidas o relacionadas de tal manera que actúan como un todo.

Un conjunto de objetos (o ideas) unidos por alguna forma de acción regular o interdependiente (Lovelock 1991: 64).

sistema aislado, sistema abierto y cerrado. Sistema aislado es aquél que no intercambia nada con el medio; sistema abierto es el que intercambia la materia y la energía; sistema cerrado es el que intercambia la energía. La termodinámica clásica se ocupa de los sistemas aislados. La termodinámica de no equilibrio se ocupa de los sistemas abiertos y cerrados.

sistema dinámico. Cuyas propiedades cambian con el tiempo. Los sistemas dinámicos son de dos tipos: *conservativos*, cuya evolución es reversible, y *disipativos*, cuya evolución es irreversible.

sistema disipativo. Sistema termodinámicamente abierto en el que concuerda la

estabilidad de la estructura con la fluidez del cambio. Sistema que "usa" el flujo de materia y energía para incrementar su organización interior.
Véase: estructura disipativa.

sistema lineal. Sistema simple, de comportamiento predecible, como -por ejemplo-, el que está compuesto por dos cuerpos, dos factores.

sistema termodinámico. Un sistema que consta de una fuente de calor, elementos de conducción de calor (átomos, moléculas, elementos, partes, etcétera) y el sumidero. (Hamilton 1977: 296).

sociedad. Conjunto de formas energéticas heterogéneas (de origen humano y no humano) vinculadas por medio de la cultura, que es su programa de producción y reproducción.

sociedades de «baja energía» [low energy societies]. Término con el que se designa en antropología contemporánea a grupos sociales que controlan su entorno a partir de la energía humana y animal (trabajo vivo), por contraste con las sociedades en las que el insumo energético es de «alta energía», esto es, en las que predominan los flujos de energía no humana. (La terminología es un préstamo ilegítimo de la física, por lo cual es necesario el uso de las comillas. La física de altas energías -sin entrecomillado- se refiere al ámbito de la realidad en el que la vida es imposible. Nosotros vivimos en la fracción de universo de las energías débiles [*basses*], las de la física macroscópica; de ahí que la analogía se demasado burda: tanto las sociedades de «alta energía» como las de «baja energía» son sistemas que operan a temperaturas ordinarias.)

sucesión. (...) conjunto repetitivo de secuencias de crecimiento y desarrollo, donde cada etapa sucesiva requiere una cantidad de energía mucho mayor que la precedente (Adams [1975] 1983: 234).

sucesión ecológica. Crecimiento de un ecosistema por etapas ordenadas hacia la madurez o climax. Regreso de un ecosistema dañado al estado de máxima complejidad estructural. Surgimiento de niveles de organización.

tautología. Presupuesto epistemológico de Bateson ([1979] 1993: 97, 245). Conjunto de proposiciones vinculadas entre sí de tal manera que no pueden ponerse en duda los nexos entre las proposiciones. Un ejemplo clásico es la geometría euclidiana. Toda explicación, si quiere ofrecer algo más que una simple descripción, debe apelar a una tautología. Si los nexos entre las proposiciones son evidentes entonces la explicación es satisfactoria; evidentes por sí mismos para el sí mismo [*self evident for self*]. Los procesos de transformas se basan en tautologías. Así de frágil es el conocimiento humano.

tecnología. Término que puede aplicarse, sin forzarlo, a todos los intentos del hombre por cambiar y convertir los elementos de su ambiente en objetos de uso (Adams 1978: 23).

Un concepto clave para la definición del control es el de la *tecnología*. El término se usa aquí intencionalmente en un sentido amplio: se refiere a un conjunto de conocimientos, habilidades y materiales (aparatos) necesario para modificar el orden (es decir, las relaciones espacio-tiempo) de algún conjunto de formas de

energía o para lograr una conversión de energía. "Modificar el orden" significa cambiar el arreglo de un conjunto de partes o la posición relativa del conjunto. A veces se usan las descripciones etnográficas de la tecnología en un sentido que excluye el contenido ideográfico y evaluativo de la actividad. Aquí incluimos específicamente las ideas asociadas a los materiales, así como las habilidades de comportamiento pertinentes para todo el proceso. La «superioridad» en el control se refiere a un complejo más eficaz o eficiente de herramientas, habilidades e ideas, tomado en conjunto. (...) Para algunos fines conviene agregar otro elemento a la definición de la tecnología y, por lo tanto, a nuestro concepto del control: el de la *organización del trabajo* (Adams [1975] 1983: 31).

teleonomía. Concepto que sustituye al de la *teleología* en el contexto de la teoría de sistemas. El objetivo (*telos*, en griego) es una adaptación evolutiva incorporada en el programa del sistema y no una causa final que "gobierna" desde el más allá.

teorema de la mínima producción de entropía. La producción de la entropía es una magnitud no negativa que decrece durante cualquier evolución y que se hace constante y mínima una vez que se ha alcanzado el estado estacionario (Prigogine 1962).

Trintscher (1965) estableció que la producción de entropía por unidad de masa y unidad de tiempo (medida como el metabolismo) se incrementa durante el primer periodo de la ontogénesis, luego pasa por un máximo y decrece para alcanzar eventualmente el valor del estado estable. Es muy tentador imaginar que el estado estable corresponde al periodo en el que se alcanza el mínimo de disipación de energía (Glansdorff y Prigogine 1971: 289).

La mínima producción de entropía es una ley física para el sistema que se adapta a su entorno: el estado estacionario se caracteriza por un valor mínimo de la producción de entropía compatible con las ligaduras impuestas por el entorno (Wagensberg 1985: 37).

teoría de sistemas complejos. Se ocupa de situaciones no lineales y describe la autoorganización que tiene lugar en los sistemas lejos del punto de equilibrio. Una de las conclusiones de la ciencia de la complejidad es la importancia del vector tiempo (Prigogine 1995). Véase: termodinámica de sistemas abiertos, termodinámica de procesos irreversibles, teoría de sistemas dinámicos.

termodinámica. La ciencia de los flujos de energía. Aquí: fundamento lógico de cómo funciona el mundo.

La ciencia del calor, el trabajo, la temperatura, etcétera, que se aplica a máquinas térmicas y al comportamiento del gas ideal. La termodinámica se basa en tres leyes fundamentales: la primera es la ley de conservación de energía; la segunda tiene que ver con la irreversibilidad de los procesos físicos que define la entropía; la tercera ley se refiere a la temperatura de cero absoluto y su inaccesibilidad. A estas tres leyes se les antepone la ley cero, substancial para definir la temperatura (Counihan 1981: 133). Desde que Boltzmann formuló la segunda ley en términos de la estadística, la termodinámica expandió sus dominios de máquinas térmicas a todos los sistemas energéticos.

trabajo. Categoría termodinámica que permite medir el efecto de una perturbación o transferencia energética. Se distingue trabajo y energía porque una cantidad dada de trabajo siempre produce la misma cantidad de calor, pero no al revés.

En economía, uno de los factores de la producción; también, proceso de creación del valor agregado.

trasforma. [*transform*] Versión codificada de fenómenos o sucesos que preceden. Préstamo conceptual que hace Bateson (1979) de la gramática transformacional. Se dice de la estructura superficial de una oración que resulta de la transformación de su estructura profunda; se refiere a la diferencia entre "lengua" y "habla". Por analogía, en toda forma de comunicación la estructura de lo que entra se refleja en lo que sale, pero el producto es *cualitativamente* diferente. Por ejemplo, la anatomía de un ser vivo -su fenotipo-, corresponde a su genotipo, pero "el mapa no es territorio", "la causa no es efecto" ([1979] 1993: 123).

unidades coordinadas. Unidades operativas que establecen un nuevo nivel de integración a partir de uno o varios códigos particulares (ideología, religión, tradición, parentesco, intercambios económicos, etcétera) de relaciones sociales recíprocas (véase Adams [1975] 1983: 296). Surgen en el proceso de expansión de las unidades operativas centralizadas al multiplicarse el número de éstas, sin que se de un cambio marcado en la tecnología o en el consumo energético *per capita*; es decir, es un cambio cuantitativo, no cualitativo (véase Adams [1975] 1983: 309). Las unidades operativas coordinadas se basan por entero en la concesión recíproca de poder [a diferencia de poder asignado y poder delegado, característicos de la centralización] (Adams [1975] 1983: 59). Las unidades coordinadas obedecen a un patrón evolutivo más amplio [esto es, que trasciende los fenómenos relacionados con el poder social], denominado *oscilación horizontal*. La gran ventaja de las unidades que se coordinan para los fines de supervivencia es el hecho de que no tienen un «cerebro» único, ni un «sistema nervioso» indivisible, que -como tal- podría ser vulnerable (Adams [1975] 1983: 327). Véase: coordinación/centralización; oscilación, fluctuación.

unidad operativa. *Un conjunto de actores [individuos o grupos] que comparten un patrón de adaptación común con respecto a alguna porción del ambiente. El patrón implica la acción colectiva o coordinada y alguna ideología común que exprese metas o justificaciones* (Adams [1975] 1983: 71).

Las unidades operativas también actúan como mecanismo detonador al concentrar poder de toma de decisiones. Esto puede verse como la formación de unidades operativas cada vez más abarcadoras y como la aparición de mayores niveles de integración, niveles desde los que se toman decisiones que afectan a un número cada vez mayor de personas [o unidades operativas] ubicadas en el nivel inferior de la organización social (Adams [1975] 1983: 140).

Las unidades operativas son características de la vida social humana. Pueden formarse, disolverse, romperse en pedazos, reformarse y reagruparse, dependiendo de diversos factores. Ninguna otra especie puede readaptar su organización social con tanta facilidad como la humana. (...) El hombre no sólo puede reformular su organización sino también pertenecer a muchas de tales organizaciones al mismo tiempo (Adams [1975] 1983: 70).

valores. Imágenes mentales cargadas de significado, que nos orientan en nuestros esfuerzos por adaptarnos a nuestro medio (Bateson 1966: 42, citado en Adams [1975] 1983: 227-9).

La idea general del valor se basa en la noción del ordenamiento (Adams [1975] 1983: 185) y el ordenamiento siempre implica algún criterio no cuantificable.

El ordenamiento establece una jerarquía de prioridades, implica un juicio y asigna arbitrariamente un significado (186s). Los valores no son un misterio sino que derivan de procesos de ordenamiento más amplios (194). Un actor individual tendrá tantos sistemas de valores cuantas unidades operativas haya en las que participe (196).

vehículo de supervivencia. Una organización (social) en tanto forma energética compuesta.

Dawkins define el fenotipo como "máquina de supervivencia": Hace mucho tiempo, la selección natural era el éxito diferencial en la supervivencia de los agentes duplicadores que flotaban libremente en la sopa primigenia. Hoy en día, la selección natural favorece a los duplicadores capaces de construir máquinas de supervivencia, es decir, a los genes que son hábiles en el arte de controlar el desarrollo embrionario (Dawkins 1976: 25).

La relación estructural entre los genes y el organismo es paralela a la que se da entre los modelos mentales culturales y los vehículos sociales de supervivencia. El gene es el planificador y responsable inicial de la toma de decisiones en las etapas más tempranas de la construcción del organismo. Una vez creado y lanzado como vehículo independiente, el organismo tiene que proveer a sus necesidades y, al mismo tiempo, reproducir sus genes. Para lograr este objetivo, los organismos superiores desarrollaron sistemas internos especializados en esas tareas; se trata de sistemas coordinados y, en algunos casos, centralizados bajo el mando del sistema nervioso central. La capacidad de la especie humana de construir extensiones sociales como vehículos de supervivencia, sólo es evocada de manera rudimentaria por la de otras especies. (Adams 2001: 221)

Zotin, el principio de. *La claridad y estabilidad de las fronteras de un proceso disipativo varían en relación directa con la tendencia de este proceso a buscar una tasa mínima de disipación, y en relación inversa con su tendencia a maximizar el flujo energético.* (1972, citado en Adams [1988] 2001: 205) El principio de Zotin se refiere al balance entre la intensidad de la disipación y la cantidad de energía procesada.

Bibliografía

- Adams, Richard N.
 1975 *Energy and Structure: A Theory of Social Power*. University of Texas Press, Austin.
 Traducción española: *Energía y estructura*. FCE, México, 1983.
- 1978 *La red de la expansión humana. Un ensayo sobre energía, estructuras disipativas, poder y ciertos procesos mentales en la evolución de la sociedad humana*. Ediciones de la Casa Chata, México.
- 1981 Natural Selection, Energetics, and "Cultural Materialism". *Current Anthropology* 22(6): 603-624.
- 1982 *Paradoxical Harvest*. Cambridge University Press, Cambridge.
- 1987 Vehículos de supervivencia social: acerca de la energética y la sociobiología de la expansión humana, en Glantz, Susana (editora), *La heterodoxia recuperada*, Fondo de Cultura Económica, México.
- 1988 *The Eight Day: social evolution as the self-organization of energy*, University of Texas Press, Austin. Traducción española: *El octavo día*, UAM, México, 2001.
- 1995 *Etnias en evolución social. Estudios de Guatemala y Centroamérica*. UAM. México.
- Bailey, Kenneth D.
 1990 *Social Entropy Theory*. State University of New York Press, Nueva York.
- Barabas, Alicia M. y Miguel A. Bartolomé
 1999 *Configuraciones étnicas en Oaxaca. Perspectivas etnográficas para las autonomías*. INI/INAH, México.
- Barrow, John D.
 1994 *Teorías del todo*. Crítica, Barcelona.
- Bateson, Gregory
 1991 *Pasos hacia una ecología de la mente*. Planeta/Carlos Lohlé, Buenos Aires.
- 1993 *Espíritu y naturaleza*. Amorrortu, Buenos Aires [1979].
- Blackburn, Thomas R.
 1973 Information and the ecology of scholars. *Science* 181:1141-1146.
- Bolaños y Serrato, Federico A.
 1995 El costo energético de la civilización. En Jardón U., Juan J., coordinador, *Energía y medio ambiente*, Plaza y Valdés, México, 43-66.
- Boorstin, Daniel J.
 1988 *Los descubridores*. Crítica, Barcelona.
- Boulding, Kenneth E.
 1968 *Beyond Economics*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Boyd, Robert y Peter J. Richerson
 1985 *Culture and the evolutionary process*. The University of Chicago Press, Chicago.

Boyer, Pascal

2001 *The evolutionary origins of religious thought*. Basic Books, Londres.

Brillouin, L.

1962 *Science and Information Theory*. Academic Press, Nueva York.

Brockman, John (editor)

1995 *The Third Culture. Beyond the Scientific Revolution*. Simon & Schuster, Nueva York.

Brooks, Daniel y E.O. Willey

1988 *Evolution as Entropy*. The University of Chicago Press, Chicago.

Calvin, Willam H.

1996 *How Brains think: Evolving Intelligence*, Basic Books, Nueva York.

Calvin, Willam H. y Derek Bickerton

2001 *Lingua ex machina*, Gedisa, Barcelona.

Cambell, Donald T.

1965 "Variation and selective retention in socio-cultural evolution." In: H. R. Barringer, G. I. Blankston, and R. W. Mack, eds., *Social Change in Developing Areas*, pp.19-49. Cambridge, Mass.: Schenkman.

Capra, Fritjof

1982 *The turning point*. Simon and Schuster, Nueva York.

1998 *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Anagrama, Barcelona.

Cesarman, Eduardo

1983 *Hombre y entropía. Termodinámica Social*. Dos volúmenes. Ediciones Guernika, México.

Cox, y Atkins

1983 *Agricultural ecology*. Freeman & co. San Francisco.

Daly, Herman E.

1973 *Toward a Steady state economy*. Freeman, San Francisco.

Darwin, Charles

1980 *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life*. John Murray, Londres [1859].

Dawkins, Richard

1976 *The Selfish Gene*. Oxford University Press, Nueva York.

Deléage, Jean Paul

1993 *Historia de la ecología. Una ciencia del hombre y la naturaleza*. Icaria, Barcelona.

Dennett, Daniel C.

1999 *La peligrosa idea de Darwin*. Galaxia Gutenberg, Madrid.

Demeritt, David

- 1998 Science, social constructivism and nature. En Braun, Bruce y Noel Castree (editores), *Remaking reality: Nature at the millenium*. Routledge, Nueva York, 173-93.

Dobzhansky, Theodosius

- 1973 Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *American Biology Teacher*, XXXV: 125-9.

Dyson, Freeman J.

- 1975 La energía en el universo. En: Autores varios, *La energía*. Alianza Ed., Madrid.

Eddington, Arthur Stanley

- 1998 La decadencia del determinismo. Gardner, Martin (coordinador), *Los grandes ensayos de la ciencia*, Editorial Patria, México.

Ellen, R.F.

- 1982 *Environment, Subsistence and System. The Ecology of Small-Scale Social Formations*, Cambridge University Press, Cambridge.

Frantschi, S.

- 1982 Entropy in Expanding Universe. *Science* 217:593-599.

Friedman, Jonathan

- 1974 Marxism, Structuralism and Vulgar Materialism. *Man* 9.

Gallino, Luciano

- 1995 *Diccionario de sociología*. Siglo XXI Editores, México.

García-Colin S., Leopoldo

- 1986 *De la máquina de vapor al cero absoluto (calor y entropía)*. FCE, México.

- 1990 *Termodinámica de procesos irreversibles*. UAM, México.

Geertz, Clifford

- 1963 *Agricultural involution*. University of California Press, Berkeley.

- 1987 *La interpretación de las culturas*, Gedisa, Barcelona.

Georgescu-Roegen, Nicholas

- 1971 *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Harvard. Traducción española: *La ley de la entropía y el proceso económico*. Fundación Argentaria, Madrid 1996.

- 1975 Energy and the economic myths. *The Southern Economic Journal*, volumen 41, número 3, Chapel Hill, North Carolina. Traducción española: Energía y mitos económicos, *El Trimestre Económico*, XLII (4), número 168, México.

- 1981 Afterword. En Rifkin, Jeremy y Tom Howard, *Entropy*, Batnam Books, Nueva York.

Glansdorff, P. e Ilya Prigigine

- 1971 *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations*. Wiley Interscience, Nueva York.

Glantz, Susana

1987 *La Heterodoxia recuperada: en torno a Angel Palerm*. FCE, México.

Gleick, James

1995 *Caos. La creación de una ciencia*. Seix Barral, Barcelona.

Gliessman, S. R.

1981 Multiple cropping systems: a basis for developing an alternative agriculture. *Background papers*. U.S. Government Printing Office, Washington.

Gould, Stephen Jay

1980 *El pulgar del panda*, Hermann Blume, Barcelona.

1982 Darwinism and the expansion of evolutionary theory. *Science* 216.

1985 *La sonrisa del flamenco: reflexiones sobre la historia natural*. Crítica, Barcelona.

Haken, H.

1977 *Syngenetics. An introduction. Nonequilibrium phase transitions and self organization in Physics, Chemistry and Biology*. Springer Verlag, Berlin.

Hamilton, H. J.

1977 A thermodynamic theory of the origin and hierarchical evolution of living systems. *Zygon* 12, 4: 289-335.

Harris, Marvin

1981 *El desarrollo de la teoría antropológica*. Siglo XXI Editores, Madrid [1968].

1982 *El materialismo cultural*. Alianza Editorial, Madrid [1979].

Hayles, N. Katherine

2000 *La evolución del caos. El orden dentro del desorden en las ciencias contemporáneas*. Gedisa, Barcelona. [1993]

Hawking, Stephen

1996 *Historia del tiempo*. Grijalbo Mondatori, Barcelona.

Hutchinson, Evelyn

1965 *The Ecological Theater and the Evolutionary Play*, Yale U. Press, New Haven.

Ingold, Tim

1991 *Evolución y vida social*. Grijalbo/Conaculta, México.

Kay, James y otros

1999 An ecosystem approach for sustainability: Addressing the challenge of complexity. *Future*, volumen 31, n° 7: 721-42.

Kuper, Adam

1996 *El primate elegido. Naturaleza humana y diversidad cultural* Crítica (Grijalbo), BarcelonaMéxico.

Lamarck, Jean Baptista

1809 *Philosophie Zoologique*, Paris.

- Layzer, D.
1975 *The Arrow Time*, *Scientific American* 233:56-69.
- Leach, Edmund
1975 *Pul Eliya. A village in Ceilan*. Cambridge U. Press, Cambridge.
1979 *Cultura y comunicación. Siglo XXI de España Editores*, Madrid.
- Leff, Enrique (coordinador)
1981 *Biosociología y articulación de las ciencias*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Lewin, Roger
1995 *Complejidad. El caos como generador del orden*. Tusquets, Barcelona.
- Lewontin, R.C.
1974 *The genetic basis of evolutionary Change*. Nueva York, Columbia U. Press
- Lincoln, R.J., G.A. Boxshall y P.F. Clark
1995 *Diccionario de ecología, evolución y taxonomía*. FCE, México.
- Lorenz, Konrad
1993 *La ciencia natural del hombre. "El manuscrito de Rusia". Introducción al estudio comparado del comportamiento*. Tusquets, Barcelona.
- Lotka, Alfred
1925 *Elements of Physical Biology*. Dover, Nueva York.
- Lovelock, James, Gregory Bateson, Lynn Margulis y otros
1992 *Gaia. Implicaciones de la nueva biología*. Kairos, Barcelona. [1987]
- Machlis, Gary Edward
1979 *Energy flow and social order: the influence of energy interdependence upon social organization*. Yale University Ph.D./University Microfilms International, Ann Arbor.
- Malinowski, Bronislaw y Julio de la Fuente
1957 *La economía de un sistema de mercados en México. Un ensayo de etnografía contemporánea y cambio social en un Valle mexicano*. Acta Antropológica 2(2), México.
- Margalef, Ramón
1968 *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press, Chicago.
1980 *La biosfera. Entre la termodinámica y el juego*. Omega, Barcelona.
1984 *Energía. Su conversión, conservación y destino en los ecosistemas*. Compañía Editorial Continental, México.
- Margulis, Lynn y Dorion Sagan
1996 *¿Qué es la vida?* Tusquets, Barcelona.
- Martínez Alier, Joan
1993 *Valoración económica y valoración ecológica*. En Naredo y Parra 1993: 29-56.
- Martínez Veiga, Ubaldo
1978 *Antropología ecológica*, Editorial Adra, La Coruña.

Maturana, Humberto y Francisco Varela

1997 *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis, la organización de lo vivo*, Editorial Universitaria, Santiago de Chile [1973].

Maynard Smith, John y Eörs Szathmáry

2001 *Ocho hitos de la evolución. Del origen de la vida a la aparición del lenguaje*. Tusquets Editores, Barcelona.

Mayr, Ernst

1992 *The Growth of Biological Thought*. Harvard U. Press, Cambridge.

Miller, James G.

1978 *Living systems*. McGraw Hill, Nueva York.

Miranda, F. y Efraim Hernández X.

1963 Los tipos de vegetación en México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28.

Moran, Emilio F. (editor)

1990 *The Ecosystem Approach in Anthropology. From Concept to Practice*. University of Michigan Press, Ann Arbor.

Moran, Emilio F.

1993 *La ecología humana de los pueblos de la Amazonia*. FCE, México.

Murra, John V.

1975 *Formaciones económicas y políticas del mundo andino*. Instituto de Estudios Peruanos, Lima.

Nader, Laura

1964 *Talea and Juquila: A Comparison of Zapotec Social Organization*. University of California Press, Berkeley.

1969 The Zapotec of Oaxaca. Wauchope, R. (editor), *Handbook of Middle American Indians*, Vol. 7: Ethnology, Part 1., University of Texas Press, Austin.

1994 Variaciones en el procedimiento legal zapoteco en el Rincón. Ríos Morales, M. (compilador), *Los Zapotecos de la Sierra Norte de Oaxaca*. CIESAS-Oaxaca/Instituto Oaxaqueño de las Culturas, Oaxaca. [1966]

Naredo, José Manuel y Fernando Parra (compiladores)

1993 *Hacia una ciencia de los recursos naturales*. Siglo XXI de España Editores, Madrid.

Odum, Eugene

1972 *Ecología*, Nueva Editorial Interamericana, México.

Odum, Howard T.

1957 Trophic Structure and Productivity of Silver Springs, Florida. *Ecological Monograph* 27(1):55-112.

1971 *Environment, Power and Society*. Willey Interscience, Nueva York.

- Ortner, Sherry B.
1984 Theory in Anthropology since the Sixties. En *Comparative Studies in Society and History* 26(1): 126-166.
- Palerm, Angel
1968 *Introducción a la teoría etnológica*. Editora Cultural y Educativa, México.
1980 *Antropología y marxismo*. Nueva Imagen, México.
- Palerm, Angel y Eric Wolf
1972 *Agricultura y civilización en Mesoamérica*. SEP Setentas, México.
- Passmore, J.
1978 *La responsabilidad del hombre frente a la naturaleza*, Alianza Editorial, Madrid.
- Pattee, Howard H., editor
1973 *Hierarchy Theory: The Challenge of Complex Systems*. George Brazillier, Nueva York.
- Planck, Max
1978 Una autobiografía científica. Autores varios, *Ensayos científicos*, Conacyt, México.
- Plaschko Peter y Luis Mier y Terán Casanueva
2001 *Sistemas dinámicos no lineales. Mecánica clásica y transición al caos*. McGraw-Hill/UAM, México.
- Polanyi, Karl
1975 *La gran transformación*, Juan Pablos Editor, México [original inglés 1944].
- Prigogine, Ilya
1983 *¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del caos al orden*, Tusquets Editores, Barcelona.
- Prigogine, Ilya e Isabelle Stengers
1985 *La nueva alianza*. Alianza Editorial, Madrid.
- Prigogine, Ilya, Peter M. Allen y Robert Herman
1977 Long term trends and the evolution of complexity. En: Laszlo, Ervin y Judah Bierman, editores, *Goals in a Global Community. The Original Background Papers for "Goals of Mankind". A Report to the Club of Rome*. Pergamon Press, Nueva York, 1-63. [Traducción al español en Tyrntania 1999.]
- Puntí, Albert
1988 Energy Accounting: Some New Proposals. *Human Ecology*, 16(1):79-86.
- Rappaport, Roy
1968 *Pigs for the Ancestors: ritual in the ecology of a New Guinea people*, Yale University Press, Yale. [Traducción al español: *Cerdos para los antepasados*, FCE 1996.]
1975 Naturaleza y antropología ecológica. En Shapiro, H. L., ed., *Hombre, cultura y sociedad*, FCE, México.
1979 *Ecology, meaning, and Religion*, North Atlantic Books, Richmond.

Rifkin, Jeremy y Ted Howard

1981 *Entropy. A new World View*. Viking Press, Nueva York.

Ruiz, Rosaura y Francisco J. Ayala

1998 *El método en las ciencias. Epistemología y darwinismo*. FCE, México.

Ruyer, Raymond

1984 *La cibernética y el origen de la información*. FCE, México.

Sahlins, Marshall D.

1977 *Economía de la Edad de Piedra*, Akal Editor, Madrid.

Sahlins, Marshall D. y Elman R. Service (editores)

1960 *Evolution and Culture*. University of Michigan Press, Ann Arbor.

Samuelson

1970 *Economía*. Editorial Continental, México.

Schneider, E.D. y J.J. Kay

1994 Complexity and thermodynamics: Towards a New Ecology. *Futures* 24(6): 626-47, agosto de 1994.

Schrödinger, Ervin

1984 *¿Qué es la vida?* Tusquets Editores, Barcelona.

Seco, Manuel, Olimpia Andrés y Gabino Ramos

1999 *Diccionario del español actual*. Aguilar, Madrid.

Simpson, G. G.

1949 *The Meaning of Evolution*. New Haven.

Sismondo, S.

1993 Some social constructions. *Social Studies of Science* 23: 515-53.

Slessor, Malcom

1978 *Energy in the economy*. Macmillan Press, Londres.

Spencer, Herbert

[1862] *First principles*. Varias ediciones.

Spurr, Stephen H. y Burton V. Barnes

1982 *Ecología forestal*, AGT Editor, México.

Steward, Julian

1954 *Theory of culture change*. Urbana, Chicago.

Taylor, Peter J.

1988 Technocratic Optimism, H.T. Odum and the Partial Transformation of Ecological Metaphor after World War II. *Journal of the History of Biology* 21(2):213-244.

Toulmin, E. O.

1977 *La comprensión humana*, Alianza Editorial, Madrid.

Trintschner, K. S.

1965 *Biology and information*. Consultants Bureau, Nueva York.

Tyrntania, Leonardo

1985 Agroecología de la Sierra de Oaxaca. Productividad agrícola en la comunidad zapoteca del Rincón de Santa Cruz Yagavila, Municipio Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de licenciatura UIA, México.

1992 *Yagavila. Un ensayo en ecología cultural*. UAM-I, México.

1999 *Termodinámica de la supervivencia para las ciencias sociales*. UAM, México.

Varela, Roberto

1984 *Expansión de sistemas y relaciones de poder*. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

Wagensberg, Jorge

1985 *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Tusquets, Barcelona.

Wagensberg, Jorge

1999 Complejidad e incertidumbre. Nuevas ideas para la inteligibilidad de las formas vivas. *Mundo Científico*, 201: 42-60.

Wagensberg, Jorge y Jordi Agustí, compiladores

1998 *El progreso ¿un concepto acabado o emergente?* Tusquets, Barcelona.

White, Leslie

1987 The Energy. Theory of Cultural Development. En Dillingham, Beth y Robert Carneiro, *Ethnological Essays*, University of New Mexico Press, Albuquerque

1964 *La ciencia de la cultura*. Paidós, Buenos Aires.

Wilson, Edward O.

1980 *Sociobiología. La nueva síntesis*. Ediciones Omega, Barcelona.

Wionczek, Miguel S., Gerard Foley y Ariane van Buren (coord.)

1983 *La energía en la transición del sector agrícola de subsistencia*. El Colegio de México, México.

Wolf, Eric R.

1981 Comunidades corporativas cerradas de campesinos en Mesoamérica y Java Central. Llobera, J.R. (compilador), *Antropología económica*. Anagrama, Barcelona.

Wood, James W.

1998 A theory of preindustrial population dynamics. Demography, economy, and well-being in Malthusian systems. *Current Anthropology*, vol. 39, núm. 1, febrero 1998: 99-135.

Zotin, A. I.

1972 *Thermodynamics of Steady States*. S. Karger, Munich.

1978 *Thermodynamic Aspects of Developmental Biology*. S. Karger, Munich.

Bibliografía sobre la población del Rincón

Dirección General de Estadística

- 1935 *Quinto censo de población 1930, Oaxaca*. México.
- 1948 *Sexto censo general de población 1940, Oaxaca*. México.
- 1953 *Séptimo censo general de población, 6 de junio de 1950, Estado de Oaxaca*. México.
- 1963 *VIII Censo general de población 1960, Estado de Oaxaca. Vol. I*. México.
- 1973 *IX Censo general de población 1970*. México.
- 1983 *X Censo general de población 1980*. México.
- 1993 *XI Censo general de población 1990*. México.
- 2001 *XII Censo general de población 2000*. México.

Instituto Nacional de Estadística e Informática

- 1993 *Oaxaca: Hablantes de lengua indígena. Tabulados básicos. XI censo general de población y vivienda 1990*. Aguascalientes.

Ayre, Linda y Stefano Varese

- 1978 *La población Zapoteca en el Estado de Oaxaca según el censo de 1970: un análisis preliminar. Estudios de Antropología e Historia 10*, SEP /INAH Centro Regional de Oaxaca., Oaxaca.

Basauri, Carlos

- 1990 *La población indígena de México*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes /Instituto Nacional Indigenista, México, DF.

Chance, John K.

- 1989 *Conquest of the Sierra. Spaniards and Indians in Colonial Oaxaca*. University of Oklahoma Press, Norman.

Cook, Sherburne F. y Woodrow Borah

- 1960 *The Indian Population of Central Mexico, 1531-1610*. University of California Press, Berkeley.
- 1971 *An Essay on method. Essays in Population History*. California University Press, Berkeley.

Ramos Pioquinto, Donato

- 1992 *La migración por micro-regiones en la Sierra Norte de Oaxaca*. Spores, R., J. Corbett y otros (editores), *Migración y etnicidad en Oaxaca*. Vanderbilt University, Nashville, Tennessee.