

RICARDO G. CAPITANELLI

La geografía como sistema

El gran avance de los conocimientos, apoyado por un extraordinario desarrollo técnico, ha dado lugar a una crisis (cambio) epistemológica y metodológica en las ciencias.

La geografía también está en crisis. Los grandes cambios plantean problemas. La falta de soluciones adecuadas comprometen la unidad del objeto y la autonomía de la disciplina.

"Existe cierto malestar en la geografía actual. . . ", ha dicho Claval. La historia de la disciplina pone de manifiesto que el origen de este malestar radica en el "conflicto entre dos conceptos de la geografía: un enfoque tradicional. . . denominado clásico, orientado hacia el pasado, y una interpretación del futuro que todavía no está segura de sus caminos pero que tiene un papel cada vez mayor en la investigación actual. Pero la geografía es múltiple y la investigación sólo adquiere su sentido cuando se combinan métodos diferentes. En consecuencia, "el problema actual de la geografía no es el de elegir una u otra de las dos formas de aprehensión de los problemas espaciales, sino el de combinarla de manera que resuelvan lo más completamente posible los hechos de distribución. Los geógrafos no deben contentarse con un método de aproximación y rechazar los restantes. Deben aprender a utilizar caminos diferentes según los problemas que se les plantean. El problema candente en la actualidad es el de la adaptación de la enseñanza de nuestra disciplina a la diversificación de los métodos de investigación"¹.

En síntesis, y a modo de hipótesis, se puede decir que:

1. La concepción de la geografía está en crisis. El origen de la crisis se esclarece a la luz de la historia.
2. El método de enseñanza, como el de investigación, depende de la concepción de la disciplina, luego el método de enseñanza de la geografía también está en crisis. Múltiples ejemplos lo ponen de manifiesto.
3. La Teoría General de los Sistemas -enfoque sistémico- puede ser el instrumento útil que ayude a superar la crisis.

1. CLAVAL, Paul, *Evolución de la geografía humana*, Barcelona, Oikos-Tau, 1974, Prólogo.

I. La crisis actual y sus causas

En la geografía se manifiestan todos los mismos síntomas que -según Kuhn- caracterizan los estados de crisis en la ciencia. Tales las polémicas relativas a la eficacia de los distintos métodos conocidos y la aparición incesante de otros nuevos, modernas teorías y esquemas conceptuales o paradigmas, que plantean problemas de inseguridad profesional. Además, con mayor frecuencia se reflexiona filosóficamente sobre los fundamentos de la disciplina².

Pero, ha dicho Claval: "No creo que la geografía esté amenazada: las disciplinas espaciales se hacen cada vez más necesarias en un mundo que se modifica a un ritmo cada vez más rápido. La que está amenazada es la enseñanza de la geografía tal como se concibe actualmente y el cuerpo de geógrafos que en ella se han formado. Los profesores son contrarios a cualquier cambio en los métodos pedagógicos: tienen razón al no querer sacrificar métodos ya experimentados, pero no ven que es urgente complementarlos. Sin esto último, los geógrafos, fieles a la tradición clásica, quedarán confinados a puestos oscuros, mientras que la geografía la practicarán economistas, urbanistas e ingenieros que tendrán la formación necesaria para asimilar la parte moderna de nuestra disciplina"³.

Es de esperar que la crisis dé lugar a un nuevo paradigma para reemplazar al de la geografía tradicional, cuyo objeto es servir de nexo entre los temas de *la naturaleza y las ciencias del hombre*, superado por el progreso científico en otros campos del saber y la "dinámica social acelerada de las últimas décadas". Pero el proyecto unitario, para el cual la concepción tradicional parece no tener todas las respuestas que hoy se requieren, no puede ser abandonado. De aquí la necesidad de conocer el origen de la crisis, a través de su historia.

En la base de la crisis se encuentra, sin lugar a dudas, la *amplitud y complejidad* del objeto de la geografía. Esto se manifiesta ya en la etimología del nombre de la disciplina (descripción de la Tierra) y en los temas abordados por los geógrafos de la antigüedad clásica: formas y organización del universo, dimensiones y características de la Tierra, y distribución de los seres vivos y el hombre en la superficie del planeta.

Esa enorme amplitud temática dio lugar a una temprana especialización de los estudios en dos grupos fundamentales. Por un lado "la geografía especulativa y filosófica, orientada a la descripción y explicación sistemática de la Tierra como parte del Universo" (Aristóteles, Dicearco, Eratóstenes, Hiparco, Aristarco). Por otro lado, la "geografía historicista y utilitaria, centrada en la explicación de hechos históricos a base de un cierto determinismo geográfico" (Herodoto, Estrabón, Mela)".

Estas diferencias de concepciones se han repetido varias veces en las historias de la geografía, alternando con intentos de realizar síntesis y confirmando la vocación unitaria de los geógrafos, como se pondrá de manifiesto a través de una breve historia de la disciplina.

2. MURCIA, Emilio, *El paradigma sistémico en geografía y ordenación del territorio. Ciudad y Territorio*, en "Revista de Ciencia Urbana", Madrid, Instituto de Estudios de Administración Local, 1978, p. 36.
3. CLAVAL, Paul, *op. cit.*

El primer intento para lograr la síntesis fue la obra de Ptolomeo (siglo II). Como geógrafo especulativo, fue autor de una interpretación del Universo, además de compilar y ordenar sistemáticamente todo el conocimiento de sus predecesores. Esta obra sirvió de base para la confección del primer mapa del mundo conocido. La síntesis de Ptolomeo mantuvo su vigencia, y con ella la unidad de la geografía, durante quince siglos. Su crisis se produjo a causa de los nuevos descubrimientos y exploraciones que ampliaron los límites de la geografía.

En el siglo XVII Varenio realizó un nuevo ensayo de síntesis pero sin mayor éxito. El desarrollo del naturalismo y su preferente atención sobre hechos que eran objeto de estudio de la geografía, unido a la especialización impulsada por el positivismo cientificista, dio lugar a la aparición de nuevas disciplinas y atomización del conocimiento, contrario al espíritu geográfico.

La reacción geográfica tuvo lugar en Alemania, donde Humboldt (1875) trató de hacer de la Geografía una "ciencia general de la Tierra". Resultó tan ambicioso el proyecto que los mismos alemanes procuraron reducir la ambigüedad del objeto a términos más ajustados a la realidad científica de la época. Con esta intención definieron a la "Geografía como ciencia de los fenómenos de la superficie terrestre en sus combinaciones, su localización y sus relaciones de conexión y causalidad".

Murcia, con el testimonio de Claval, describe lo que ocurrió con posterioridad. "A pesar de todo -dice- la diversificación de enfoques se impondría de nuevo. Por un lado, las implicaciones de la teoría evolucionista en las sociedades humanas inspirarían a Ratzel una concepción fuertemente determinista de la explicación geográfica que ha orientado los trabajos de una escuela *medio-ambientalista*. Por otra parte, la atención a las motivaciones socioeconómicas que explican la distribución espacial de los fenómenos ha desarrollado una *geografía de la localización*. Finalmente, otros geógrafos (Hettner, Hartshorne) consideran a su disciplina una *ciencia-método* cuyo único objeto sería fijar diferenciaciones espaciales sobre la base de los hallazgos de las diversas ciencias especializadas". A éstos se agregaron algunas escuelas menores que demostraron que el intento alemán de reducir el objeto de la geografía no era suficiente para lograr el fin perseguido .

Posteriormente, Vidal de la Blache asumió de nuevo el viejo proyecto unitario de la geografía. Rescató la idea de una disciplina puente entre las ciencias de la naturaleza y las del hombre. De este modo, la *geografía regional*, aunque asumiendo las "contradicciones de objeto y método de tan ambicioso proyecto", ha constituido la imagen visible de la disciplina. Hoy el método está en crisis y, en consecuencia, toda la geografía. De otro modo, se puede reiterar la primera afirmación sobre el problema, repitiendo textualmente a Murcia: "La causa de esta crisis parece hallarse, pues, en última instancia en la contradicción entre su proyecto unitario y la amplitud y complejidad de su objeto.

"En consecuencia, ante la crisis actual de la Geografía es preciso plantearse cuestiones como las siguientes: ¿en qué medida el objeto geográfico continúa hoy siendo inaccesible por su complejidad y amplitud?, ¿qué aspectos de la realidad geográfica pueden ser abordados, con garantía de éxito, desde la actual perspectiva científica?, ¿qué instrumentos de análisis, de entre los aportados por el progreso

científico reciente, pueden ser utilizados provechosamente en la investigación geográfica?⁴.

II. La crisis de los métodos de enseñanza

Los métodos de enseñanza de la geografía se encuentran atrasados respecto de los de la investigación. La razón fundamental es la falta de actualización de los docentes en cuanto a la concepción de la disciplina y sus distintas ramas, o enfoques. Un par de ejemplos bastan para probar lo afirmado.

En el año 1882, J. Hann definió al clima como "el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estadio medio de la atmósfera en un lugar de la superficie de la tierra". Esta definición dio lugar a la *climatología tradicional*, analítica, separativa y estática. Es decir, con los mismos caracteres de su disciplina auxiliar, la meteorología de la época, que estudia separadamente los elementos del tiempo y la atmósfera. Esa climatología, desconectada de la realidad, puesto que no tiene en cuenta la interconexión verdadera de los elementos, ha sido usada con carácter exclusivo por todos los geógrafos y sigue en vigencia, después de un siglo. Su perdurabilidad se debe, probablemente a que, como dice Pedelaborde, es fiel a los objetivos de la geografía porque recomienda el estudio del conjunto de los fenómenos en la zona de contacto de la superficie de la tierra⁵. También debe explicarse porque "es simple y cómoda", como dice Maximiliano Sorre⁶.

En el año 1934, Sorre dio una nueva definición: "Se llama clima la serie de los estados de la atmósfera encima de un lugar en su sucesión habitual". Lamentablemente, esta definición no ha alcanzado la repercusión que era de esperar.

Para Pedelaborde, tiene las siguientes virtudes:

- Considera los *estados* de la atmósfera o complejos verdaderos realizados por la naturaleza o, si se quiere, los *tipos de tiempo*.

- Abarca toda la *serie* de esos estados, es decir, que no olvida los tipos excepcionales cuya importancia es capital en biología, y que las medias enmascaran completamente.

- Tiene en cuenta la *sucesión* de tipos de tiempo, o sea su *ritmo* y su *duración*, factores esenciales a la vez del cuadro de la atmósfera y de la acción de los seres vivos⁷.

La falta de repercusión de esa concepción dinámica del clima por M. Sorre, se debe, sin duda, entre otras cosas, a deficiencias en la formación de los geógrafos, que les impidieron aprovechar los aportes de la *meteorología dinámica* desarrollada desde 1923, y que estudia el mecanismo general de la atmósfera.

Como dice Pedelaborde, esta "meteorología ofrece la ventaja de ser *intéctica*, es decir, considera los estados del medio atmosférico: el tiempo y las masas de aire.

4. MURCIA, Emilio, *op. cit.*, p. 37.

5. PEDELABORDE, P., *Introduction a l'étude scientifique du climat*, T.1, Paris, S.E.D.E.S., 1959, p. 7 - 11.

6. SORRE, M., *Climatophysique et Climatochimie. Introduction*, en *Traité de Climatologie Biologique et Médicale*, T. 1, Livre premier, Paris, Masson et Cie, 1934, p. 3.

7. PEDELABORDE, P., *op. cit.*

Está, pues, perfectamente adaptada a las necesidades de los geógrafos, que se interesan precisamente en las combinaciones. La meteorología dinámica suministra una descripción *viviente* del medio atmosférico, pues considera el tiempo que es una realidad. Al contrario, la meteorología tradicional, por las necesidades del análisis, disloca el tiempo en elementos que pierden toda significación concreta desde que ellos son aislados. La meteorología dinámica permite también una explicación *segura y clara* de los fenómenos. Clara, porque es una ciencia avanzada: permite prever, la simplicidad es debida al hecho de que la meteorología dinámica no pierde jamás contacto con la realidad, mientras que la tradicional debe reconstruir laboriosamente el complejo viviente que ha destruido por un análisis prematuro".

Un aspecto requiere aclaración especial, a fin de comenzar a deslindar los campos de la climatología y la meteorología: la noción de tiempo, de la cual habla Maximiliano Sorre, por cuanto ésta lo tiene por objeto específico.

La noción de tiempo de los meteorólogos es diferente a la de los geógrafos. Para los primeros "es el conjunto de valores que en un momento dado y en un lugar determinado caracteriza el estado medio de la atmósfera". Se trata de una combinación efímera, de un momento dado, diferente a la del minuto siguiente y tan variable que cada combinación es única.

A la geografía le interesan los estados atmosféricos durables, capaces de crear un medio. En consecuencia, la noción meteorológica no le es suficiente. Es por lo que la idea geográfica de tiempo es más extensa. Se trata del tiempo de un día, o de un período, si los elementos fundamentales permanecen sensiblemente idénticos; es decir, cuando una combinación se repite frecuentemente, no exactamente igual, pero sí semejante y produciendo efectos similares. Esta última configura una noción todavía más amplia, es la de *tipo de tiempo*⁸.

Tres condiciones están dadas ya para el desarrollo de una climatología dinámica: 1) se puede apoyar en una meteorología también dinámica; 2) la concepción del tiempo responde a una necesidad esencial de la climatología, que tiene por objeto estudiar los estados durables capaces de crear un medio; y 3) una adecuada definición del clima, que conviene explicar mejor.

En primer lugar, considera los estados del tiempo en su sucesión habitual. De otro modo, la sucesión de complejos menores que dependan de los diferentes modos como se combinan los distintos elementos con los factores del clima. En segundo lugar, abarca la serie de estados del tiempo o complejos verdaderos. Conviene advertir que el punto de partida, según la definición de Sorre, ya no son los elementos de la meteorología tradicional (presión, temperatura, precipitaciones, vientos, etc.) sino los complejos que los llevan implícitos. En tercer lugar, interesa la forma cómo los estados del tiempo se suceden, la frecuencia, la duración y ritmo, que es lo que le confiere carácter dinámico a la climatología, en contraposición al estatismo y fijeza de los valores medios tradicionales⁹.

Finalmente, por vía dinámica se comprenden los procesos que originan los distintos estados de tiempo, una forma de explicar las causas que generan un tipo

8. *Ibidem*.

9. SORRE, Max., *Fundamentos biológicos de Geografía Humana*, Barcelona, Ed. Juventud, 1955.

de clima.

El método dinámico, de las masas de aire, como también se suele decir, da principio de solución a dos problemas importantes: 1) el de las escalas y 2) el de las denominaciones de los climas. Una visión climática, si quiere conservar el carácter dinámico, debe fundamentarse en la circulación atmosférica general y las masas de aire, al menos para las grandes unidades.

La denominación de un clima, aparte de descriptiva, localizadora, debe ser genética, y para ello se pueden tomar como base los procesos dinámicos y las masas de aire.

Pero, de todos modos, es necesario recordar que la atmósfera, con todo su dinamismo, por sí sola no constituye un clima, sino que depende de las relaciones con el relieve, aguas, cubierta vegetal, hasta las actividades humanas.

La enseñanza de la climatología todavía continúa fiel a la concepción tradicional.

El segundo ejemplo, muy ilustrativo, es el de la geomorfología, la rama de la geografía física que ha adquirido mayor desarrollo en los últimos tiempos, al extremo de que muchos especialistas piensan en la necesidad de constituirla en ciencia independiente.

El hombre siempre estuvo interesado en las formas del relieve y desde muy antiguo realizó tentativas de interpretación de las mismas. Pero para lograr un cuerpo de doctrina original y coherente tuvo que transcurrir una larga etapa de progresos, que acá se omitirá, no porque carezca de interés, sino para abreviar tomando solamente lo más significativo.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, los investigadores de América del Norte elaboraron las principales nociones que permitieron a la geomorfología iniciar su marcha hacia la independencia respecto de la geología. Pero el mérito de sistematizar esas nociones y darle la doctrina original y coherente que le faltaba correspondió a William Morris Davis. Este, considerando fundamental el control de las estructuras -aunque no desconocía la importancia de los climas- originó el desarrollo de la denominada "geomorfología estructural" y una clasificación de las formas acorde con la teoría, que aún tiene plena vigencia en nuestro país:

1. Morfología de las estructuras concordantes
 - relieves tabulares
 - relieves de cuesta
 - relieves entre macizos antiguos y cuencas sedimentarias
2. Morfología de las estructuras plegadas
 - relieve de domos
 - relieves plegados
 - relieves apalachanos
3. Morfología de las estructuras falladas
4. Morfología relacionada con el vulcanismo
5. Morfología relacionada con la litología específica
 - relieve cárstico
 - relieve granítico

Luego del papel casi exclusivo acordado a la estructura en la explicación de las formas, a partir del año 1913 el interés se desplazó a la influencia de los climas. Pronto el modelado de los terrenos fue el resultado de la relación de un sistema de erosión climática (modelador), sobre una determinada estructura (tectónica y litología). En síntesis, en esta nueva concepción el modelado depende de fuerzas endógenas y exógenas aunque, en última instancia, quien comanda es el clima. Incluso el suelo pasa a tener una gran importancia, pues se interpone entre los agentes climáticos y las estructuras. Finalmente se advirtió que la superficie terrestre no sólo es el soporte de las manifestaciones biológicas y humanas, sino que el mismo modelado depende también de la repartición de los seres vivos y grupos humanos. En suma, el modelado terrestre es el resultado de la interacción de procesos endógenos (propios de la corteza terrestre) y exógenos (propios de la atmósfera, hidrosfera, biosfera y actividades humanas).

El primer motor es el clima, responsable principal de la repartición de los seres vivos. La distribución de éstos condiciona ambientes ecológicos específicos en los cuales se distinguen asociaciones de paisajes, animales y vegetales, tipos de suelos y de procesos de erosión. De aquí la noción de *ecología de las formas*. Los procesos que, junto con las formas, constituyen la esencia misma de la geomorfología, dependen del medio ecológico y actúan sobre un conjunto litológico-tectónico (estructura). No se puede disociar un paisaje morfológico de un paisaje biogeográfico. Para cada zona de vegetación y suelos existen procesos morfogenéticos específicos en un sistema de erosión organizado, que modelan familias de formas, constituyendo un gran *dominio morfogenético*.

Las formas se explican por la estructura, clima y procesos zonales pero se pueden distinguir, hasta cierto punto, algunas en las cuales predomina un factor u otro, aunque no se oponen. En parte es un problema de escala, como dice Tri-cart. Por ejemplo, en pequeñas dimensiones (centenas de metros cuadrados), el factor litológico es dominante. Pero siempre hay interacción de procesos. La proporción en que ellos intervienen es función del clima y de la naturaleza de las rocas atacadas. Así el relieve granítico intertropical es diferente al de las regiones secas.

En síntesis, el modelado resulta de una jerarquía de mecanismos (procesos asociados y coordinados en sistemas) que pueden ser simples o complejos. Un conjunto de procesos simples da origen a procesos complejos. Estos se encadenan en sistemas, bien definidos de acuerdo con las condiciones climáticas. Son los *sistemas morfoclimáticos*, correspondientes a una zona climática o gran dominio climático del globo. Permiten distinguir las grandes provincias morfoclimáticas que se definen por un conjunto de formas, procesos y depósitos característicos.

La estrecha interdependencia de los elementos naturales conduce a la noción de *equilibrio morfoclimático*. Bajo determinado clima se desenvuelve un tipo de gran formación vegetal, determinada forma de rocas y categoría de suelos zonales. En cada tipo de ambiente funciona un sistema morfogenético, que depende del clima, del suelo y de la vegetación. La noción de equilibrio morfoclimático se fundamenta en estos tipos de relaciones y puede establecerse en regiones donde la influencia de la vida sobre el modelado es despreciable, como en la zona periglacial y desértica, por ejemplo. La ruptura del equilibrio morfoclimático puede resultar de un cambio de clima, produciendo la sustitución de un sistema morfo-

climático por otro, o por la acción del hombre.

En cuanto a las divisiones morfoclimáticas del globo, no obstante las dificultades que presenta, Tricart y Cailleux (1958) hicieron un esquema provisorio basado en dos criterios: 1) divisiones mayores que toman como base las grandes zonas climáticas y biogeográficas, sin hacer coincidir del todo exactamente sus límites, y 2) subdivisiones de las grandes zonas, que se apoyan en diferencias paleoclimáticas, subdivisiones climáticas y subdivisiones biogeográficas. De aquí resultan las siguientes unidades:

I. Zona fría, con importancia predominante del hielo

Conforme con la naturaleza y forma de éste se subdivide en: a) dominio glacial, con escurrimiento principalmente en forma sólida y b) dominio periglacial, donde el escurrimiento líquido y estacional y el suelo congelado (pergelisol) tienen un papel importante en la morfogénesis.

II. Zona boscosa de las latitudes medias

Profundamente transformada por el hombre y donde las influencias paleoclimáticas (fases glaciares) tienen un profundo significado. Las subdivisiones son hechas sobre la base del período de acción del hielo y las influencias paleoclimáticas: a) dominio marítimo de inviernos suaves caracterizados por la pequeña influencia del hielo actual y la supervivencia de las formas glaciares del cuaternario; b) dominio continental de inviernos rudos, con acción preponderante del hielo actual y cuaternario y c) dominio mediterráneo, o con veranos secos, donde las influencias periglaciares del cuaternario son mucho menores.

III. Zona árida y subárida, de las bajas y medias latitudes

Caracterizada por la cobertura vegetal poco densa de estepas o de desiertos y escurrimiento intermitente de aguas locales, con dos subdivisiones: a) en función de la temperatura del invierno que comanda ciertos procesos importantes como gelivación y retención nival. De aquí la distinción entre regiones secas de inviernos fríos y regiones secas calientes; b) en función del grado de sequedad, lo cual lleva a distinguir estepas de desiertos.

IV. Zona del bosque intertropical

Las temperaturas medias son elevadas y la humedad suficiente para permitir el escurrimiento fluvial. Las subdivisiones son hechas en función de la repartición zonal de las precipitaciones, de su total anual y de la densidad de la cubierta vegetal. Se subdivide en: a) *dominio de sabanas*, con cobertura vegetal menos densa, pluviosidad menor y concentrada en un período de 4 a 6 meses; b) *dominio de los bosques*, cuya cobertura vegetal exuberante refleja condiciones de mayor humedad y período de lluvias más largo.

La enseñanza actual no ha superado la etapa "estructural".

Las corrientes de pensamiento que se acaban de reseñar, tanto en climatología como en geomorfología, no se excluyen, sino que se complementan. Incluso las clasificaciones de los hechos no sólo son compatibles, sino que la convergencia

es indispensable. Pero, ¿de qué modo lograr este tipo de síntesis? Parece posible a través de la tercera alternativa que se expone a continuación.

III. La Teoría General de Sistemas

En la búsqueda de nuevos enfoques epistemológicos a que ha conducido el estallido de la crisis científica, la Teoría General de Sistemas se presenta como una nueva alternativa válida para la salida requerida. Ofrece nuevas vías de comprensión de los problemas de cada ciencia y es posible que permita lograr la vieja aspiración de la unidad de las ciencias.

El interés científico por la Teoría General de Sistemas se remonta a la década del 50; pero es en los últimos años cuando ha cobrado gran impulso en diversas disciplinas. El primer intento de aplicación a la geografía parece haber sido realizado por R. Chorley (1962), por el camino de la geomorfología. Luego Berry (1964) y Chisholm (1967) la aplicaron a la geografía urbana y a la teoría geográfica, respectivamente. Hagget sugirió su extensión a la geografía humana (1965). El trabajo más acabado fue obra de Chorley y Kennedy (1971), brillante exposición del enfoque en geografía física. "Aún más, algunos geógrafos han preferido considerar a la Geografía como una ciencia que estudia los sistemas espaciales, y al respecto encontramos trabajos tanto de orden teórico. . . como aplicados a espacios subdesarrollados. . . Incluso, se especula sobre una Geografía basada en una Teoría General de Sistemas Espaciales. . ." ¹⁰ Pero, ¿qué es la Teoría General de Sistemas?

La Teoría General de Sistemas es un "nuevo cuerpo de ideas que representa un retorno al uso de principios basados en el racionalismo. . .". Cada parte del sistema es estudiada de acuerdo con su papel dentro del mismo "e intenta llegar a decisiones no sólo para las partes o elementos individuales, sino también para su total ordenamiento, a través de pasos organizados y lógicos".

Con la Teoría General de Sistemas se busca una solución para la complejidad del mundo real. La descompone en estructuras simplificadas, pero que son totalmente subjetivas, sólo existen en la mente del investigador. El objetivo último en el estudio de un sistema son las vinculaciones que las estructuras simplificadas guardan entre sí.

En conclusión, la Teoría General de Sistemas o "enfoque sistémico", tiene por objeto, según Chorley y Kennedy: "El análisis de la manera en que los componentes de cada sección del mundo real están estructurados (organizados, vinculados o relacionados) y de cómo cada sección se vincula a las otras estructuras, es el tema central de los estudios sistémicos. Es a estas estructuras organizadas a las que llamamos sistemas".

Toda la "realidad es una jerarquía organizada de sistemas" y el mundo real está compuesto por una serie de conjuntos de sistemas interconectados de varias escalas y con diferente complejidad anudados entre sí, formando una

10. SISO, Gerardo J., *Teoría General de Sistemas y el uso de modelos en geografía*, en "Síntesis Geográfica", N° 1, Caracas, Escuela de Geografía, 1977, pp. 15-21.

jerarquía de sistemas. Cada sistema puede ser dividido, para su mejor manejo, en subsistemas. Las entidades de un subsistema pueden, a la vez, formar parte de otros o muchos subsistemas. Resumiendo, los sistemas permiten unificar a todas las ciencias. Por tanto, la Teoría General de Sistemas puede considerarse como una concepción organicista de la ciencia¹¹.

"Un sistema es un conjunto de objetos, junto con las relaciones entre ellos y entre sus atributos". Los objetos son partes del sistema y son de una variedad ilimitada. Los atributos son las propiedades de los objetos. Las relaciones son las que enlazan el sistema en su conjunto, y son fundamentales¹².

Cuando se conceptúan los fenómenos como sistemas, la principal dificultad radica en la identificación de los elementos, sus atributos y relaciones a fin de precisar la extensión del sistema enfocado.

Casi la totalidad de los sistemas que interesan al geógrafo funcionan dentro de un ambiente y forman parte de un conjunto mayor; es decir, no están aislados. El conjunto mayor puede ser denominado *universo* y comprende todos los fenómenos que inciden en el sistema focalizado y todos los cambios que éstos, a su vez, pueden producir. Los primeros, fenómenos que inciden en el sistema focalizado son los *sistemas antecedentes* y los segundos (y los cambios que éstos producen en otros) son los *sistemas subsecuentes*.

No existe un encadenamiento secuencial, lineal, entre sistema antecedente, focalizado y subsecuente, sino que, a través de un mecanismo de retroalimentación, los sistemas subsecuentes vuelven a ejercer influencia sobre los antecedentes. (Figura 1). Es decir, hay una perfecta interacción entre todo el universo.

En el estudio de la composición de los sistemas deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos, que se precisan a continuación.

La materia, o material que va a ser movilizado a través de los sistemas. Por ejemplo, en un río, el agua y los detritos. La energía o fuerza que hace funcionar el sistema. La estructura de un sistema, el ordenamiento de sus componentes (elementos y sus relaciones). El elemento es la unidad básica del sistema y guarda relación con la escala de éste. Así, por ejemplo, en un complejo vitivinícola, la bodega es un elemento, pero puede ser un sistema en sí mismo, a una escala mayor. El tamaño del sistema depende de las variables. La correlación es la forma cómo las variables se relacionan. Es simple cuando solamente se relacionan variables y canónica cuando la relación es entre conjuntos de variables, a través del análisis de líneas de regresión. La causalidad indica cuál es la variable independiente, la que controla, y la dependiente o controlada¹³.

No obstante la cantidad y variedad de sistemas, Chorley y Kennedy (1971) han dado dos clasificaciones posibles, de acuerdo con los siguientes criterios: 1) funcional o de complejidad; 2) complejidad estructural.

La primera, funcional, está "basada en los intercambios de información

11. *Ibidem*.

12. CHADWICK, G.F., *Una visión sistémica del planeamiento*, Barcelona, Gili, 1973.

13. CRISTOFOLLETTI, Antonio, *Geomorfología*, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1974.

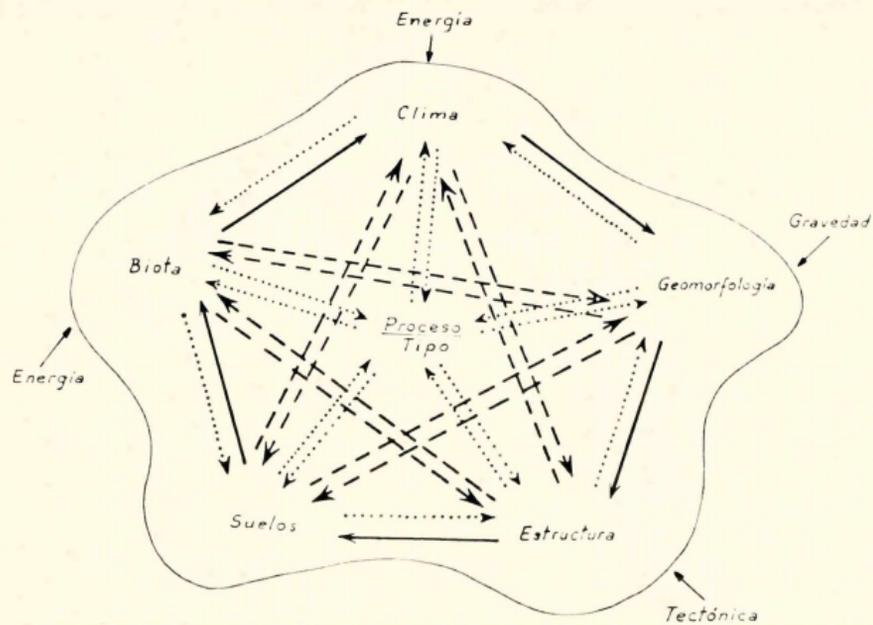


Fig. 1 — Ejemplos de retroalimentación en un sistema natural.

(energía y masa) que realizan el sistema con el ambiente en el que está inserto¹⁴ y que contiene los tres siguientes tipos:

1. *Sistemas aislados*: no pierden, ni reciben energía, ni materia del ambiente circulante.
2. *sistemas cerrados*: hay cambio de energía (reciben o pierden) pero no materia. Ejemplo de la Tierra y su atmósfera, que intercambian energía pero no materia con el espacio exterior.
3. *sistemas abiertos*: intercambian tanto energía como materia con el ambiente o espacio exterior (reciben o pierden). Como ejemplos pueden citarse un sistema hidrográfico, una vertiente, etc. La mayoría de los sistemas que interesan a la geografía son de este tipo (naturales o humanos).

De acuerdo con el criterio de complejidad se distinguen:

1. *sistemas morfológicos*: compuestos solamente por las propiedades físicas de los fenómenos (geometría, composición etc.). Consisten únicamente en la red de relaciones estructurales entre las partes que constituyen el sistema.
2. *sistemas en secuencia o sistemas cascádicos*: están compuestos por una cadena de subsistemas dinámicamente vinculados por una cascada de materia o energía.
3. *sistema de procesos respuestas*: representan el vínculo de por lo menos un sistema morfológico y un cascádico y demuestran de qué manera la forma se relaciona al proceso.
4. *sistema de control*: los componentes claves están controlados por alguna inteligencia; el sistema opera de la manera determinada por la inteligencia.
5. *sistemas automantenidos*: representan las formas de vida inferiores, como células.
6. *plantas*: como estructuras vivientes.
7. *animales*: como estructuras vivientes.
8. *ecosistemas*: constituidos por plantas, animales y su ambiente inanimado.
9. *el hombre*: biológicamente es un sistema.
10. *sistemas sociales*: integrados por hombres.
11. *ecosistemas humanos*: representan la interconexión de sistemas sociales con ecosistemas.

"En geografía física son comunes los cuatro primeros tipos de sistemas, y sólo en caso de interacción interesan otros niveles más complejos (plantas, animales y ecosistemas). En geografía humana, en cambio, interesan fundamentalmente, los

14. SISO, *op. cit.*

dos últimos niveles-sistemas sociales y ecosistemas humanos- que por lo demás recogen todos los grados de complejidad anteriores y resultan más difíciles de analizar”.

La realidad compleja de los sistemas se puede simplificar aislando variables cruciales o claves de los sistemas, mediante modelos. El modelo es “una representación idealizada de la realidad que tiene por objeto demostrar ciertas propiedades del mundo real”.

“El uso de los modelos se va generalizando en geografía. Lowry (1965) señaló tres modelos fundamentales que pueden aplicarse a la geografía. Tales son “modelos descriptivos (que permiten destacar la estructura de un determinado ambiente a través de sus componentes esenciales); modelos predictivos (que permiten desentrañar los procesos en que están envueltos los elementos estructurales y por tanto predecir el comportamiento de un ambiente dado); y modelos de planificación (donde conocidos la estructura morfológica y los procesos de un ambiente podemos controlar las variables claves para que se comporten de acuerdo a instrucciones determinadas”.

Conviene advertir, primeramente, que “los modelos son tan sólo herramientas, instrumentos de análisis, que permiten al geógrafo trabajar con más comodidad y precisión. Pero en ningún momento deben convertirse en el fin de la investigación geográfica, ni pasar el geógrafo a ser una herramienta de los modelos. Este peligro es muy común, sobre todo en el caso de modelos estadísticos y matemáticos que presumen de gran rigidez y exactitud”.

En segundo término, “la mayor parte de los modelos que se utilizan en geografía en la actualidad han sido elaborados en base a realidades de países desarrollados y, para su aplicación en ellos, y su aplicación, -sin modificaciones o adaptaciones- a los espacios subdesarrollados puede resultar contraproducente. Tal vez valdría la pena intentar la construcción de teorías del subdesarrollo y sobre ellas, tratar de construir modelos que se ajusten más a las necesidades reales de nuestros países”¹⁵.

A fin de no perder el hilo conductor de esta exposición, conviene recordar lo dicho al comienzo sobre climatología y geomorfología y ver de qué modo el enfoque sistémico se adecua a ellas.

Como dice Christofolletti¹⁶, la geomorfología es la ciencia que estudia las formas del relieve. Estas constituyen la expresión espacial de una superficie, componen las diferentes configuraciones del paisaje geomorfológico y son obras de determinados procesos. De otro modo, formas y procesos son los elementos fundamentales del sistema geomorfológico. Este (formas y procesos y relaciones de los mismos) no es un sistema aislado, sino que recibe influencias de otros y a su vez influye en ellos (interacción). Para precisar estos conceptos conviene releer lo dicho sobre sistemas.

Considerando que las formas y los procesos representan el alma de la geomorfología, dentro del universo geomorfológico se pueden distinguir los siguientes sistemas antecedentes que, por otra parte, son los más importantes para comprender las formas del modelado de los terrenos:

15. *Ibidem*.

16. CHRISTOFOLLETTI, A., *op. cit.*

1. *sistema climático*: que, a través del calor, la humedad y movimientos, sustenta y mantiene el dinamismo de los procesos;

2. *sistema biogeográfico*: cubierta vegetal y vida animal que actúa como factor de diferenciación en la modalidad e intensidad de los procesos, además de suministrar y sustraer materia;

3. *sistema geológico*, o disposición y variedad litológica, que es la principal fuente de material o factor pasivo sobre el cual actúan los procesos;

4. *sistema antrópico*, representado por la acción humana, es el factor responsable del cambio en la distribución de materia y energía dentro de los sistemas y modifica el equilibrio de los mismos.

A estos sistemas enumerados por Christofolletti es indispensable agregar el edafológico. Los suelos revisten hoy más importancia inmediata que las estructuras. Por algo geomorfología y edafología nacieron juntas y, por lógica, como dice Tricart, la edafología debería integrarse a la geomorfología¹⁷.

La geografía comienza con el estudio de los depósitos superficiales que registran fielmente la historia climática y geomorfológica de la tierra. Los paleosuelos son reliquias preciosas de climas desaparecidos y testimonios de ciclos morfológicos. Su estudio permite explicar el origen de estas formaciones, comprender los sistemas de erosión o de acumulación que los han puesto en su lugar, dado vuelta o retransportados, intentar, en fin, una explicación genética de la morfología actual¹⁸.

La geomorfología, particularmente, debe tener muy en cuenta los datos edafológicos. La morfogénesis se ejerce a través de suelos y no directamente sobre las rocas. Las características de los suelos comandan la erosión. Su estructura influye de manera decisiva sobre el escurrimiento difuso. Los agregados, siendo poco estables, son distribuidos por la erosión; los poros son tapados en superficie por elementos finos liberados y la infiltración es trabada. La impermeabilización hace aumentar el escurrimiento superficial y la evolución geomorfológica es profundamente modificada.

Las propiedades mecánicas de los suelos también comandan la solifluxión pelicular y la reptación y, consecuentemente, actúan sobre la actividad geomorfológica.

Del tenor en arcilla y de la naturaleza de los mismos dependen los fenómenos de retracción bajo el efecto del resecamiento, que desempeña funciones en la reptación y comandan la permeabilidad del suelo en ocasión de las primeras tempestades de la estación de las lluvias. Las fisuras de resecamiento profundas permiten la penetración de las aguas, lo cual puede provocar escurrimientos del terreno y corridas de láminas, comunes después de grandes sequías provocadas por tempestades, que suceden a un verano muy seco¹⁹.

En el momento actual, la edafología es tanto más importante que la geología para la geomorfología. Como se ha dicho, la acción de los modeladores se lleva a

17. TRICART, J., *Principes et méthodes de la Géomorphologie*, Paris, Masson et Cie., 1965, p. 37.

18. JOURNAUX, A. et DEWOLF, Y., *Essai d'une définition de Régions Géopodologiques*, en *Mélanges Géographiques Canadiens Raoul Blanchard*, Quebec, 1965.

19. PENTEADO, M.M., *Fundamentos de Geomorfologia*, R. de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1974, p. 8.

cabo, casi siempre, sobre suelos y no sobre rocas al desnudo. De las propiedades de los suelos dependen: la soliflucción, los fenómenos de reptación, los deslizamientos, etc. La estabilidad de los agregados juega un papel fundamental en la erosión fluvial: de la migración de los óxidos de hierro de los suelos depende la alteración de las rocas, formación de corazas, simples concreciones, y de éstas el modelado de los terrenos.

De los suelos dependen las plantas y los animales que cumplen un importante papel geomorfológico. De este conjunto de cosas depende la presencia del hombre y sus actividades, de honda repercusión en el modelado de los terrenos.

Las relaciones entre los geomorfólogos y los edafólogos, por suerte, han comenzado a estrecharse en beneficio de las dos disciplinas que, lamentablemente, hace más de medio siglo tomaron caminos divergentes²⁰. Salvo tímidos ensayos, el estudio de los suelos está ausente todavía en la enseñanza de la geografía.

Consecuente con la concepción actual de la geomorfología, la clasificación de las formas debe hacerse en función de los procesos-respuestas. Pero, lamentablemente, si bien el estudio de los procesos está muy avanzado, no ha ocurrido lo mismo con las formas.

Del mismo modo como existe un sistema geomorfológico, se puede estructurar un sistema climatológico, con su universo respectivo.

Como en el caso de la geomorfología, los procesos y las formas (tipos de climas) constituyen el sistema climatológico focalizado, centro del universo, que puede convertirse en sistema subsecuente. Entre los sistemas antecedentes, sin lugar a dudas, están: 1) la circulación atmosférica (objeto de la meteorología); 2) el modelado de los terrenos (de competencia de la geomorfología); 3) los suelos (materia edafológica); 4) la cubierta vegetal (finalidad de la fitogeografía) y 5) las actividades humanas (de la esfera de la geografía humana).

Se ve claro que la punta del hilo es la circulación atmosférica, el puente tendido entre meteorología y climatología. El relieve, vegetación y suelo constituyen factores diferenciales. El hombre, otra vez, es el que rompe el equilibrio natural.

En suma, la Teoría General de los Sistemas puede conducir a la integridad buscada en geografía.

IV. Enfoque sistémico en Geografía

Aparte de salvaguardar la unidad del objeto y la autonomía del sistema geográfico, la Teoría General de Sistemas permite precisarlo y, sobre todo, delimitarlo mejor.

“La Tierra, la cual es obviamente un medio ambiente apto para el hombre y su vida orgánica, ¿es una creación hecha con un sentido determinado? ¿Han influido sus climas, su relieve, la configuración de sus continentes en la moral y la naturaleza social de los individuos, y tienen estos elementos influencia para moldear el carácter y la naturaleza de la cultura humana? En su larga posesión de la Tierra,

20. TRICART, J., *op. cit.*, p. 37.

¿de qué manera la ha cambiado el hombre a partir de su hipotética condición primitiva?" En honor a la verdad, entusiasman estos interrogantes de Clarence J. Glacken en su *Traces on the Rhodian shore* (p VII) que nos han transmitido Patton, Alexander y Kramer²¹, por cuanto encierran un claro programa de investigación al cual convergen solidariamente el medio y el hombre. Claro está que, en la convergencia, es difícil "distinguir entre lo natural y lo artificial, entre lo físico y lo cultural, entre lo original y lo que el hombre ha hecho, cuando miramos el mundo que nos rodea". Pero, la Teoría General de Sistemas tiene, entre sus propósitos, la simplificación y clarificación de la realidad.

Cuando se conceptúa la realidad como sistema lo importante, como se ha dicho, son los procesos y respuestas o modelos realizados en la superficie de la Tierra. Corrientemente se los clasifica en físicos o naturales y culturales o artificiales. La distinción permite tratarlos por separado dentro del campo de la geografía y se comenzará por los físicos.

Se puede iniciar por el modelo o por el proceso. En el primer caso se parte del modelo de paisaje físico y se reconstruye el proceso hasta sus orígenes. En el segundo se parte del proceso hasta llegar al modelo. Esta actitud es esencialmente explicativa, mientras la anterior es interpretativa. En verdad, las dos actitudes son indispensables, pero la comprensión del proceso es previa a la interpretación de la respuesta²².

Cabe una advertencia más antes de intentar precisar la importancia del enfoque sistémico en geografía física, primero, y humana, después. Y es que el medio físico, contrariamente al humanizado, parece permanente e inalterable. Sin embargo, la diferencia es solamente cuestión de tiempo. Los modelos naturales cambian más lentamente que los culturales, aunque con grandes excepciones.

"Los fenómenos físicos del paisaje y sus cambios relativamente lentos son el resultado de la interacción en el tiempo de un cierto número de procesos"²³.

Dichos procesos son puestos en acción por tres tipos de fuerzas fundamentales: radiación solar, tectónica y gravedad.

La radiación solar no es uniforme en la superficie de la Tierra y, en consecuencia, se crean diferencias en la distribución de las temperaturas que generan energía movilizadora de las masas de aire. Estas son las responsables, entre otras cosas, de la distribución de las precipitaciones. Cada elemento climático tiene su propio modelo de distribución, pero dependiente del primer modelo, que es la distribución de la radiación solar.

Las fuentes tectónicas, cuya intensidad también varía en la superficie de la Tierra, son responsables de diferencias estructurales (litología y ordenamiento de los materiales) y del relieve.

La gravedad es una fuerza, también básica, que moviliza materiales (sólidos, gaseosos y líquidos) y contribuye a la erosión.

Todas las fuerzas mencionadas pueden afectar a cada uno de los procesos que

21. PATTON, C.P., ALEXANDER, C.S., y KRAMER, F.L., *Curso de Geografía Física*, Barcelona, Vicens Universidad, 1978.

22. *Ibidem*.

23. *Ibidem*.

interesan al geógrafo y son responsables de la variedad que se observa en las distintas áreas de fenómenos físicos de la superficie terrestre. Pero a veces estas variaciones son el producto del cambio de una sola de estas fuerzas: radiación solar, tectónica y gravedad. Esto es, precisamente, lo que ha permitido a algunos autores, la división fundamental de la geografía física en climatología y geomorfología, aunque de un modo muy general*.

Las fuerzas descritas, si bien son básicas, no son las únicas. Hay otras tales como los movimientos de la Tierra, fricción del aire con el relieve, etc. Todas estas mismas fuerzas intervienen en el desarrollo y evolución de los modelos de vegetación y suelos.

Las fuerzas mencionadas son fáciles de identificar, describir e interpretar, no así la enorme cantidad de procesos que generan, con sus diferencias de modalidad, independencia e intensidad. Además, cada uno de los elementos del medio físico están afectados por variados procesos. De aquí que, para comprender un solo elemento del medio físico, a menudo haya que pasar revista a todos los aspectos del medio natural. Un ejemplo simple e ilustrativo es el del viento Zonda.

Dicho viento se genera en centros de alta presión sobre el Pacífico, cuyos orígenes tienen explicaciones complejas, que ya han sido sugeridas al hablar de la radiación solar. Es relativamente fácil su descripción de viento caliente, seco, violento, aunque inicialmente templado, húmedo y suave. Lo difícil es explicar estas características sin hacer intervenir la barrera andina, los procesos adiabáticos a que es sometido (húmedo en el ascenso de la montaña y seco en el descenso), la baja de presión de este lado de la cordillera, las precipitaciones en las altas cumbres, la naturaleza de los terrenos, la falta de vegetación, etc., etc.

Para simplificar, Patton, Alexander y Kramer han "pensado en unos *elementos descriptivos* del medio ambiente físico que incluyen: *clima* (cuyos aspectos más importantes son temperatura, viento y precipitación); *topografía* (en su aspecto más restringido de relieves y depresiones); *tipo de roca* (naturaleza de la roca y sus características físicas y químicas); *estructura de la roca* (manera como están dispuestas las rocas en la superficie de la Tierra); *biota* (capa vegetal y población animal de un lugar determinado) y *suelos*".

Cuando se toman en conjunto, estos elementos descriptivos definen de forma precisa el paisaje natural, pero también son factores que intervienen en la formación del paisaje natural puesto que condicionan la proporción en que actúan los procesos básicos y también el grado de interdependencia entre varios procesos. En este contexto también debemos tener en cuenta una variable adicional, el *tiempo*. Así, pues, hablamos de clima, topografía, tipo de roca, estructura de la roca, biota, suelos y tiempo como de factores geográficos²⁴. Conviene advertir que estas afirmaciones tienen validez en un sentido muy general, que en particular, a una mejor escala, hay que pensar en otros tipos de indicadores, sobre todo porque algunos nombres de ellos han sido empleados con demasiada ligereza por los auto-

* Cabe destacar que la hidrografía va siendo absorbida, cada día más, por la geomorfología.

24. *Ibidem*.

res, probablemente acuciados por un problema de espacio. Finalmente cabe aclarar que la palabra *tiempo*, en este caso, no tiene el sentido con que se la empleó al desarrollar el ejemplo de clima, sino el de *duración*.

El gráfico (Fig. 2) ilustra un sistema como el que se acaba de describir. Muestra las relaciones entre procesos, elementos descriptivos del paisaje y factores geográficos. Además presenta las fuerzas más importantes que activan procesos productores de cambios en los elementos. Estos cambios de los elementos, a su vez, alteran las proporciones de los procesos. Es a este tipo de conexiones al que, frecuentemente, se describe como *sistema*.

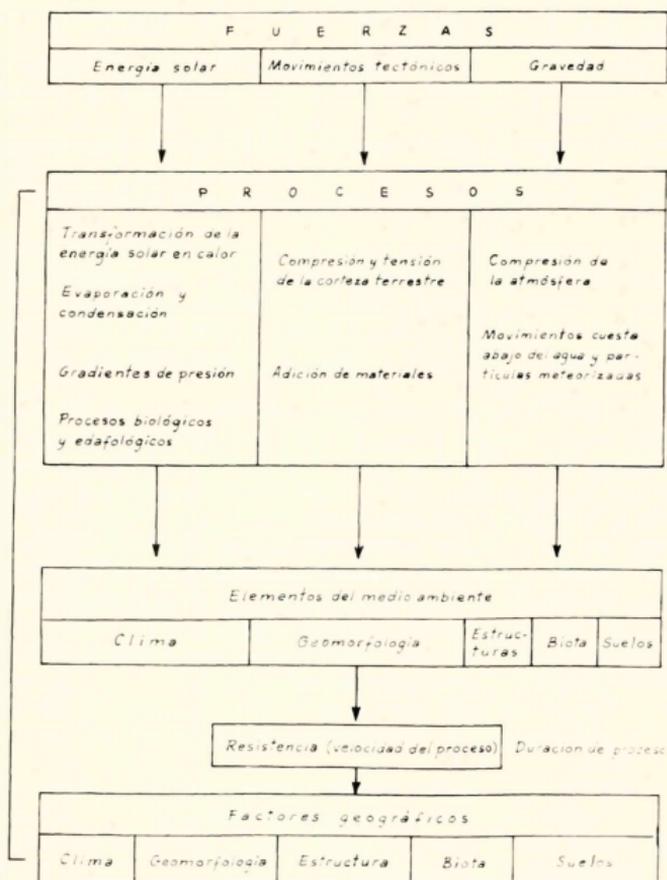


Fig. 2 — Modelo de paisajes de sistemas naturales. Las fuerzas que actúan en los procesos de remoción y que, por consecuencia, cambian los elementos del sistema. Los elementos cambiados, a su vez, afectan la manera de operar del proceso. (C.P. Patton, C.S. Alexander y F.L. Kramer).

También se advierte la entrada de energía y masa, desde afuera del sistema (*input*) y una salida (*output*) de energía y masas desde el interior del sistema. El input exterior provoca *cambios* en el interior del sistema.

Existen *resistencias* al cambio en el interior del sistema. Cualquier cambio de resistencia o de carácter de cualquier elemento del sistema dará como resultado una realimentación (*feedback*) positivo o negativo.

La mayoría de los sistemas abiertos tienen un equilibrio (estado de equilibrio) (*input-output*) y todas las partes tienen un estado de ajuste.

El sistema se divide en subsistemas, pero se da la inversa; es decir, un conjunto de subsistemas constituyen un sistema, cada vez de mayor jerarquía, hasta llegar a un sistema único que es el Universo.

La gran importancia del enfoque sistémico radica en la concentración de la atención en las interconexiones de todos los aspectos (fuerzas, procesos, elementos) de un sistema natural.

Un buen ejemplo de sistema natural es el del equilibrio térmico de la superficie de la Tierra. Por otra parte, es uno de los más fundamentales de todos los sistemas climáticos: la transferencia de energía que tiene lugar en la superficie de la Tierra.

Incluye la llegada de energía procedente del Sol, la atmósfera, el subsuelo y los océanos. Pero también comprende el escape de calor de la superficie hacia el subsuelo y la atmósfera. Cualquier cambio en la entrada (*input*) total cambia la salida (*output*) total; es decir, si aumenta el calor en la superficie sube la temperatura, se incrementa la radiación a la atmósfera que envía, entonces, más calor al suelo.

En el interior del sistema existen resistencias. Tales la reflexión por las nubes, la absorción por la atmósfera. El suelo almacena poco calor, no así el agua. Todas las resistencias cambian a medida que lo hacen las restantes partes del sistema. Por ejemplo, una capa de nieve refleja el 80 % de la radiación que recibe, pero si se funde la reflexión del suelo puede descender a menos del 15 %.

El sistema que se analiza también ilustra algunos tipos de retroalimentación (*feedback*). Así la nieve o el hielo (capacidad de reflexión) es un ejemplo de retroalimentación positivo. El frío produce la nieve; ésta incrementa el frío que, a su vez, produce más frío. Cuando aumenta la temperatura de superficie, también lo hace la evaporación, acompañada de mayor movimiento del aire; esto hace aumentar la nubosidad produciendo una disminución del calor (Fig. 3).

En verdad, la nubosidad puede actuar en dos sentidos: 1) disminuyendo la pérdida de calor por reflexión, 2) impidiendo que el calor sea mayor por devolución a la atmósfera.

Mediante las salidas (*input*) y entradas (*output*); resistencia y cambio; retroalimentación (*feedback*) el sistema alcanza siempre un equilibrio.

El segundo ejemplo, muy ilustrativo lo constituye una comparación de dos sistemas muy pequeños y localizados.

Entre la montaña y la playa en la cual se encuentra instalada la ciudad de Mendoza, median unos 20 km correspondientes al piedemonte en glacia.

Una falla, llamada del Divisadero Largo, lo divide en dos: occidental, más alto, y oriental, más bajo. Fuera de esta diferencia altitudinal con una ruptura

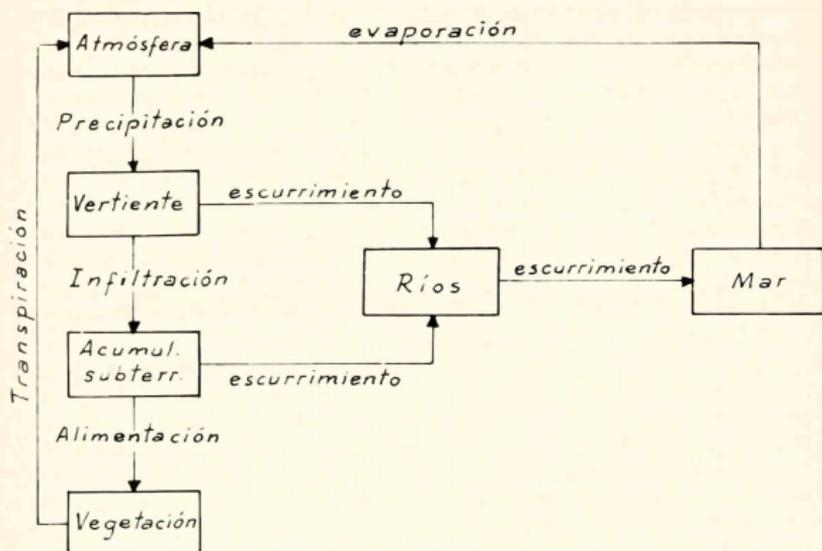


Fig. 3-a. — Ejemplo de sistema en secuencia (A. Christofolletti).

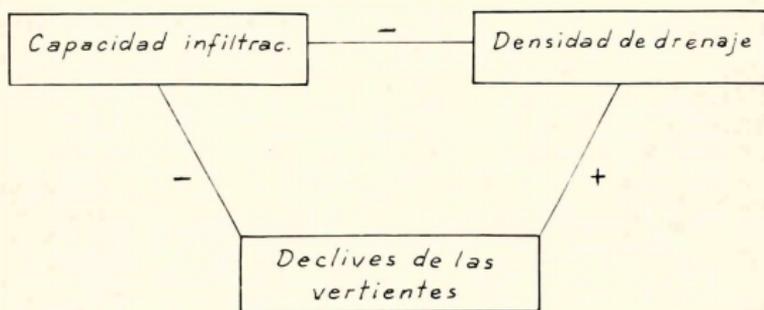


Fig. 3-b. — Ejemplo de relaciones establecidas por la retroalimentación en circuito en un sistema de procesos-respuestas.

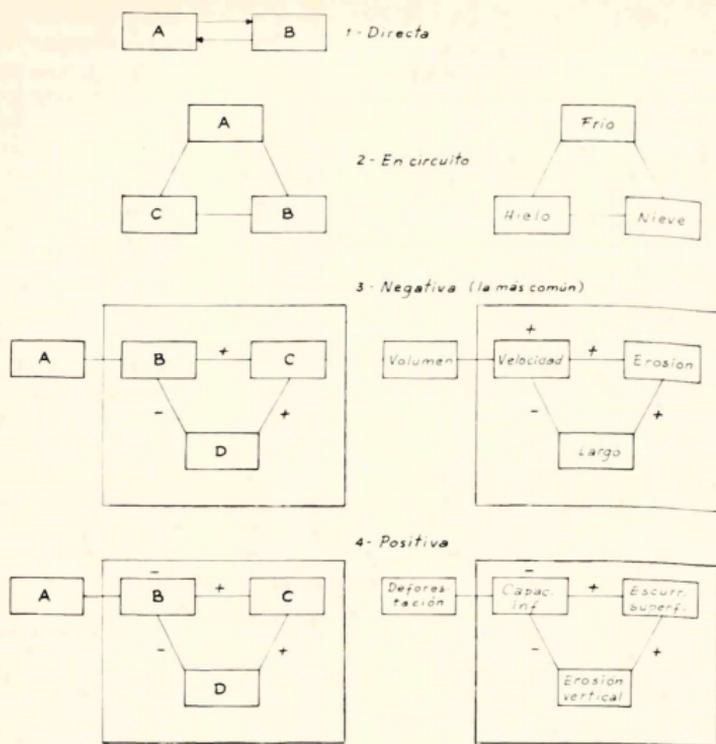


Fig. 3-c. — Principales tipos de mecanismos de retroalimentación.

En la retroalimentación directa la acción, de ida y vuelta, afecta a las dos variables.

La retroalimentación en circuito involucra más de dos variables y la acción vuelve al punto inicial, completando un circuito o arco: el frío produce la nieve y ésta el hielo que intensifica el frío.

En la retroalimentación negativa una variante producida externamente lleva al establecimiento de un circuito cerrado de alteraciones que cumple la función de detener o estabilizar el efecto de cambio original. La situación es indicada por un circuito con número *impar* de signos negativos de correlaciones. Por ejemplo, en un canal fluvial, si se aumenta el volumen de agua (variación externa), aumentará la velocidad. El incremento de ésta ocasionará el de la erosión (correlación positiva), y ésta provocará el aumento del largo del canal (correlación positiva). El aumento del largo del canal dará lugar a la disminución de la velocidad del agua (correlación negativa).

La retroalimentación positiva se produce cuando los circuitos entre las variables refuerzan la acción, externamente producida, ocasionando un efecto de "bola de nieve" de las alteraciones, siempre en el mismo sentido de la influencia original. Tales circuitos pueden no tener signos negativos de correlación, pero si los presentan deben ser en cantidades pares. Este tipo de retroalimentación destruye al sistema. Por ejemplo, en la deforestación (acción externa) disminuye la capacidad de infiltración y aumenta el escurrimiento superficial (correlación negativa). El aumento de escurrimiento superficial incrementa la erosión de las vertientes (correlación positiva), y esa erosión disminuye la capacidad de infiltración (correlación negativa). Con el correr del tiempo aflorará la roca cesando prácticamente la infiltración. El sistema ha sido destruido.

(A. Christofolletti).

fuerte de pendiente en la falla de unos 50 m, las dos secciones son muy semejantes, si no idénticas en cuanto a modelado de los terrenos, estructuras y suelos. La vegetación, en cambio, presenta marcadas diferencias. Dejando a un lado el sector de la falla donde afloran el terciario y el triásico y se desarrolla una comunidad de solanas litosoles del terciario con *Cercidium praecox*, *Prosopidastrum*, etc., y una comunidad de umbría de litosoles del terciario y triásico con *Adesmia trijuga*, domina, en el sector occidental, la estepa de *Fabiana viscosa* mientras que en la oriental lo hace la estepa de *Larrea cuneifolia*, en partes enriquecida con *Prosopis flexuosa*, con *Acacia furcatispina*, etc. Focalizando el subsistema de las especies de larreas, el ejemplo se hace más accesible. En la primera sección dominan la *Larrea nitida* mientras en la oriental son más abundantes las *Larrea divaricata* y *cuneifolia*.

La explicación de las diferencias fitogeográficas descritas no puede ser más que de origen climático. La pequeña diferencia de altura es suficiente para provocar, por excitación topográfica, un incremento en las precipitaciones que obedecen, fundamentalmente, a las sudestadas. Esto se manifiesta con claridad cuando el mencionado proceso produce nieve. Es siempre más abundante desde la falla del Divisadero Largo al oeste que al este. Además, la altura y el desnivel acentúan el papel de la brisa nocturna de la montaña cuya consecuencia es, sin dudas, una disminución térmica. Esta combinación, menores temperaturas y, consecuentemente evaporación, y mayores precipitaciones, arrojan un balance hídrico más favorable en la sección oeste.

Finalmente, se pasará revista a un ejemplo, que también suministran Patton, Alexander y Kramer, de sistema que oscila entre dos estados de equilibrio diferentes.

Corresponde a una de las teorías propuestas para explicar el avance y el retroceso de los casquetes glaciares durante el último millón de años.

El congelamiento del agua durante un período de glaciación y formación de los casquetes polares con descenso del nivel del mar dejó aislado al Artico de las corrientes calientes. El aislamiento produjo un enfriamiento tal que la evaporación desapareció casi por completo y cesaron las nevadas. Esto redujo los glaciares y subió el nivel del mar. El Artico fue invadido nuevamente por aguas cálidas y la evaporación alimentó el casquete polar hasta que descendió el nivel del mar y se volvió a repetir todo el ciclo.

La teoría puede ser objetada, pero ilustra bien un *feedback* negativo. La pérdida de agua de los océanos, la causa de la glaciación, con el tiempo produjo un efecto negativo en los glaciares. Igualmente la desaparición de éstos, que dio lugar al ascenso del mar, con el tiempo reactivó el proceso.

En resumen, y como dicen los autores que se acaba de citar, los "ejemplos, escogidos entre muy diferentes tipos de sistemas, han acentuado el hecho de que los modelos del paisaje físico son complejos, debido a que son el resultado de muchos procesos que operan independientemente y con diversos grados de intensidad". Corresponde ahora encarar los problemas desde el punto de vista de los sistemas culturales.

El gráfico (Fig. 4) pone de manifiesto la existencia de tres fuerzas generadoras de impulsos de energía. Por un lado las necesidades físicas y biológicas; por otro

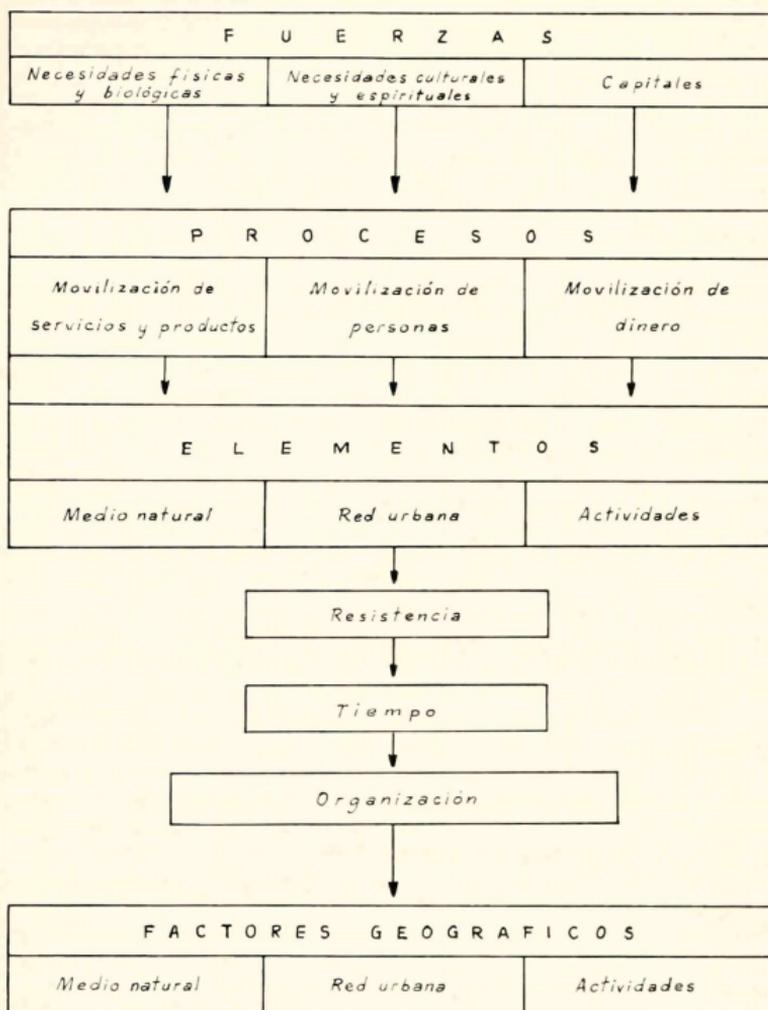


Fig. 4 — Modelo de sistema cultural.

las culturales y espirituales y, finalmente, las económicas. De estas fuerzas dependen los distintos procesos movilizados de servicios y productos, personas y capitales. Los elementos del sistema son el medio natural, la trama urbana y las diferentes actividades. En el sistema hay resistencias que cambian con el tiempo hasta alcanzar la organización. Los elementos, modificados a través de los procesos, se convierten en factores geográficos que vuelven a actuar, a su vez, para cambiar los procesos.

Haggett "ha proporcionado dos ejemplos de sistemas geográficos que aclaran la definición de sistema. Señala, en primer lugar como ejemplo geomorfológico a un sistema de erosión donde *el conjunto de objetos (divisoriais de agua, vertientes, arroyos) se relacionan a través de la circulación de agua y sedimentos, con impulsos de energía en forma de tormentas. Después, y como el equivalente más cercano en Geografía Humana, sugiere a la región nodal o sistema urbano-regional, en el cual el conjunto de objetos (ciudades, pueblos, granjas, etc.) están relacionados a través de movimientos circulantes (dinero, migrantes, fletes, etc.) y los impulsos de energía provienen de las necesidades biológicas y sociales de la comunidad.* Posteriormente, Haggett realiza una interesante analogía de este sistema abierto (región nodal) con un sistema geométrico, haciendo equivaler las carreteras por donde se movilizan los flujos de energía a canales que forman una red de nodos (centros poblados) que se organizan formando una jerarquía (la jerarquía urbana) y se integran finalmente en zonas intersticiales que pueden ser vistas como superficies (zonas de uso de la tierra). La analogía evidencia la posibilidad de intercambio y unificación entre diferentes ciencias a través del enfoque de sistemas"²⁵.

Al ejemplo teórico de Haggett se puede agregar algo más concreto y cercano, que analizándole a diversas escalas destaca muy bien el enfoque sistémico en geografía y su utilidad.

El sistema a focalizar es el que tiene a Mendoza como metrópoli regional. Lo integran antecedentes físicos, biológicos y humanos y se distinguen: 1) los objetos que lo componen, tales como la metrópoli, los centros regionales secundarios, locales, etc.; las explotaciones agrícolas, ganaderas, mixtas y terrenos estériles; las montañas, planicies, ríos, etc.; 2) los vínculos, que se establecen mediante la circulación de personas, dinero, intercambio de productos, etc.; 3) los impulsos de energía que provienen de los distintos tipos de necesidades físicas, biológicas, sociales, culturales, etc.

Ampliando la escala se pueden focalizar otros sistemas tales como el urbano, agrario, geomorfológico, hidrográfico, irrigación, etc. Es decir, el cambio de escala convierte en sistemas a los subsistemas. Se ejemplificará mediante un sistema geomorfológico.

Los objetos que integran el sistema son las montañas, glacis, pedillanuras, playas, etc. Están vinculados por los materiales que circulan encauzados en ríos, arroyos o superficialmente y, también, por el aire. La energía es suministrada por las pendientes, los grandes chaparrones y los vientos.

Se puede focalizar como sistema un aspecto dominante del medio, como la sequedad, cuyas formas dependen de factores climáticos, hidrográficos, edafoló-

25. SISO, J.G., *op. cit.*, p 17

gicos, geológicos, fitogeográficos y humanos. Los procesos que conducen al tipo seco del medio mendocino se explican mediante un sistema en secuencia. (Fig. 5)

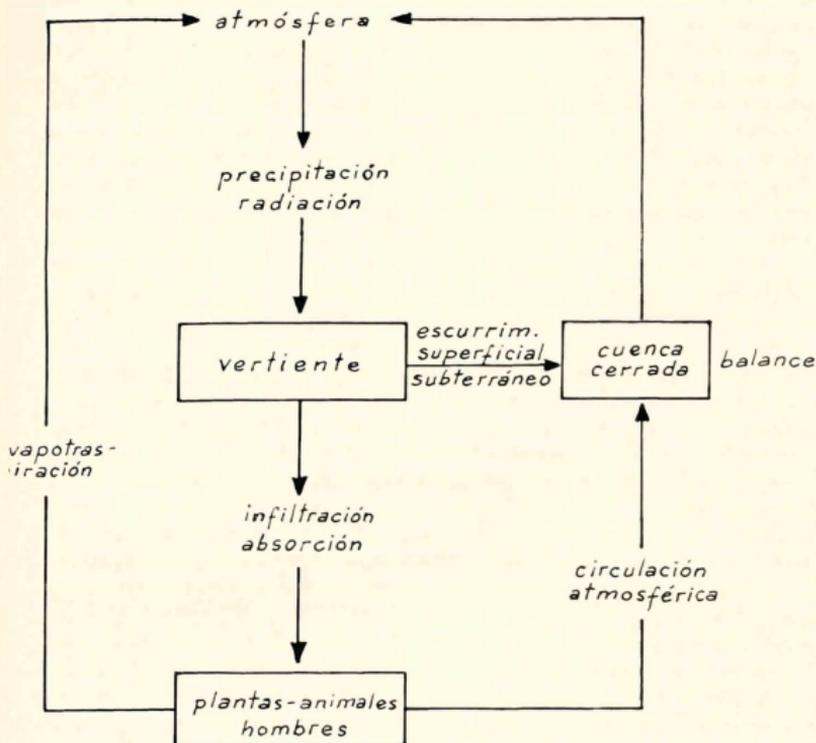


Fig. 5 — Modelo de balance hídrico.

El agua procede de la atmósfera y se precipita sobre las vertientes donde se evapora y vuelve al espacio, parte se escurre hacia cuencas inferiores en forma superficial. Otra se infiltra y circula subterráneamente hasta su emersión natural, extracción artificial o pérdida en el interior de la tierra. Una buena porción es utilizada por las plantas y los hombres. El agua acumulada en cuencas cerradas se evapora, parte de la utilizada por las plantas y el hombre es transpirada y ambas se reincorporan a la atmósfera. Si al final del proceso se efectúa un balance, el resultado pondrá de manifiesto el carácter deficitario del sistema. Este balance se puede cuantificar por cualquiera de los métodos existentes y asimilar a alguno de los modelos establecidos por diferentes autores.

A la inversa del ejemplo que precede, mediante una reducción de la escala, el balance hídrico puede ser un elemento del sistema *uso del agua*.

Un ejemplo muy ilustrativo respecto de la multitud de elementos, factores, interrelaciones de un sistema es el relativo a la decadencia de un pueblo de pescadores de las comunidades lacustres de Dahomey, los Tofinnu, que presentamos a la reflexión de los lectores.

Los Tofinnu (hombres o gentes del agua, en contraposición a los guénu, gente de la tierra), ocuparon el área lacustre del Bajo- SO y del lago Nokoué, en el Bajo Dahomey meridional. Desde el siglo XVIII vivieron en colinas emergidas del pantano, en un habitat palafítico.

El agua es y ha sido la salvación y la ruina de este pueblo. Se trata de una sociedad con una extrema especialización profesional: hombres pescadores, mujeres vendedoras de pescados, con una técnica especializada muy sutil para la explotación y conservación del recurso peces.

Todo el ecosistema lagunar y el destino de los Tofinnu depende de la acción combinada del océano Atlántico y el río Quemé-So.

La acción del hombre desequilibró el complejo y produjo mutaciones en la flora y la fauna que dieron lugar a la degradación socioeconómica y los Tofinnu terminaron por abandonar su terruño.

El medio lacustre Tofinnu es un vasto triángulo de unos 26.000 km², más o menos, con 45.000 habitantes. Comprende el Bajo-So constituido por una vasta depresión pantanosa del río So y de su delta común con el río Quemé, más el lago Nokoué al sur. Dentro del triángulo hay tres unidades diferentes: a) excepcionalmente inundada, con terrenos cultivables todo el tiempo para producir alimentación y palmeras; 2) inundada regularmente, disponiendo de terrenos pobres para los cultivos alimenticios durante algunos meses del año (agricultura de decrecida) y 3) sector de los pueblos lacustres que han abandonado, forzosamente, los cultivos.

La vida es muy difícil. A causa del medio hay una gran mortalidad juvenil. La vegetación corresponde a la sabana pantanosa regularmente inundada constituida esencialmente por un pasto escaso donde pacen algunos rebaños fantasmales. La fauna es la típica de las regiones pantanosas y los animales domésticos sufren hambre durante las crecidas, además de frío, humedad y encierro. Durante el período seco falta agua potable en los pantanos cada vez más salinos. Para los pueblos lacustres no hay más recursos que la fauna ictiológica extremadamente abundante y variada, único recurso del Tofinnu de Nokoué.

El lago Nokoué, de 15.000 ha, es una antigua ría profunda donde se acumularon sedimentos costeros y fluviales más un cordón litoral que obstaculizó la evacuación de las aguas al mar y favoreció el relleno de la ría. El oleaje, las corrientes marinas y el viento formaron el cordón litoral y la laguna que alimentan las aguas interiores, las cuales a veces rompen la continuidad de las lagunas. El lago sólo está separado del mar por ese estrecho cordón cuyas orillas son pantanosas y de escasa profundidad. Un paso que se abría y se cerraba periódicamente comunicaba al mar y el lago. Pero el hombre abrió uno permanente, el canal de Cotonou, con las siguientes consecuencias: 1) el río Quemé - SO ya no basta para desalinizar el lago; 2) las aguas son salobres ("poiquilohalinas"), salinidad muy variable según lugares y época del año; 3) cuando llueve mucho en la cuenca del Quemé el lago triplica su superficie.

Los cambios estacionales tienen un efecto considerable en la vida de los Tofinnu. Hay tres períodos o épocas fundamentales a lo largo del año: de tiempo seco, de tiempo húmedo y de tiempo variable. Durante el tiempo seco (15 de diciembre al 14 de abril) se evapora el agua del pantano y la tierra inundable se vuelve como un magma fangoso. Sopla un Harmattan refrescante. Comienza el año Tofinnu, se preparan las grandes pescas, es la época de las fiestas. Luego sigue un período muerto, seco cálido, de crisis y gran transparencia del agua, los peces se esconden, escapan de las trampas, razón por lo cual se pesca de noche; pero la producción decae. Al tiempo húmedo corresponde la estación de las grandes lluvias (15 de abril al 15 de julio). Es favorable a la pesca, pero la abundancia de precipitaciones puede comprometer la producción ya que las tormentas violentas reducen la actividad. El tiempo variable (15 de julio al 14 de enero), con pequeña estación de sequía posee una breve estación de lluvias que produce una crecida acompañada de crisis, con hambre al final del período; reinan las enfermedades, los viejos se mueren, etc.

De las dos grandes fuerzas (mar y río) dependía el destino de los Tofinnu: el mar cerraba y el río abría el canal. Había una especie de ciclo de agua dulce y otro de agua salina. El ciclo de agua dulce facilitaba el desarrollo de las hierbas y algas que servían de refugio y de alimento a las numerosas especies piscícolas, además de inundar, durante las crecidas normales, los llanos pantanosos del delta donde los peces desovaban; el ciclo salino era de producción piscícola suplementaria procedente del océano y de destrucción de las hierbas que estaban en exceso.

La apertura del canal de Cotonou data del 21-IX-1885; la apertura permanente, en cambio, de 1959 y la consecuencia ha sido la ruptura del equilibrio ecológico y el desequilibrio de los tofinnus. El período de salinidad es más importante, con una tasa de 3 g/00 en la mitad del año y del 16 0/00 en el resto. Se han producido profundas mutaciones en la flora y la fauna. Los márgenes han retrocedido; el habitat palafítico ha avanzado, a la vez hay menos madera. Ha menguado la pesca y moluscos predadores, *las bromas* (teredo petiti y Bankia bagidaensis) atacan las maderas y causan estragos en los ramajes de las pesquerías, pilotes de cabañas y piraguas.

La producción ha disminuido. De 15.400 toneladas en 1959 descendió a 9300 en 1964 y 5600 en 1969. El ingreso anual de un tofinnu es de 20 dólares por año; 63 0/0 menos que siete años antes.

El resultado final de tan complejo proceso es el éxodo de pescadores y la desorganización social. El 25 0/0 de la población masculina lacustre emigró desde 1965. El año 1969 fue clave, con una emigración del 63 0/0. Un pescador de cada tres (33 0/0), masculino (15 a 60 años) se ha ido. Uno de cada cinco pescadores lleva consigo un ayudante (20 0/0 sexo masculino de edad de 10 a 14 años). Una mujer, cada cinco pescadores, lo acompaña llevando uno o dos niños de temprana edad.

La sociedad sufre una profunda desorganización. Han aumentado los robos de piraguas, los saqueos de instalaciones piscícolas, infracciones a un derecho consuetudinario cada vez más caduco.

¿Cómo restaurar el biosistema? Es necesario controlar la salida de las aguas dulces y las entradas de las del mar. Hay que construir un dique, un puente presa,

un puente en estrechamiento y otro compuerta, etc. Todo ello para evitar la aceleración de las corrientes lacustres, la reducción del tiempo de crecidas y de los espacios inundados que son nocivos para la fauna ictiológica²⁶.

26. BOURGOGNIE, G.E., *Las comunidades lacustres de Dahomey, Estudio de un caso*, en *Perspectivas en ecología humana*, Madrid, Instituto de Estudios de Administración Local, 1976, pp. 107-179.