

La ciencia de los geosistemas *

Por el Académico VÍCTOR SOCHAVA (1905-1978)

Versión de MARTA PEINADO

I. EL ESTADO DE LA CUESTION

La *ciencia de los geosistemas* puede desempeñar un papel constructivo en la resolución de muchos problemas de aplicación con los que se enfrenta el geógrafo. Guiados por los principios sistémicos, los geógrafos físicos pueden ocupar por sí mismos un lugar sólido en la moderna Geografía aplicada, la cual es la estructura de referencia para planificar la nación, tanto social como económicamente, e inventariar las actividades para el desarrollo y reconstrucción de las áreas del país.

El *paradigma sistémico* es igualmente importante tanto para los campos fundamentales de la Geografía Física como para una adecuada comprensión de la interrelación con las disciplinas sectoriales naturo-geográficas, y así ciertamente tendrá un gran impacto en la orientación de las investigaciones físico-geográficas. Por su propio objeto-geosistemas de todos los tamaños-objeto todavía poco explorado, la Geografía Física no necesita introducirse en la esfera de influencia de las disciplinas geográficas específicas. No debe tratar de los componentes de la naturaleza, sino que habrá de concentrarse en sus *interrelaciones*.

Debe limitarse a su *dinámica*, a su *estructura funcional*, al *orden de los lazos de unión*, etc. más que a los componentes naturales en sí mismos.

Ahora parece ser el momento adecuado para discutir los fundamentos lógicos de la ciencia de los geosistemas, los cambios que tiene que reali-

* Publicado en el libro editado por N. A. Gvozdeskiy: *Soviet Geography Today*.

zarse en la materia de la Geografía Física y en las perspectivas de su aplicación.

El autor intenta tocar al menos los lugares comunes básicos de la ciencia de los geosistemas, incluyendo algunos todavía sin resolver, para dirigir la atención de la comunidad científica hacia ellos y sugerir prometedoras áreas de exploración para la moderna Geografía Física.

La ciencia de los geosistemas habrá de ser reconocida incondicionalmente como la columna vertebral de la Geografía Física contemporánea (excepto para algunas áreas que fueron campos de la Geografía Física y que han encontrado un lugar por sí mismo dentro de las ciencias de la tierra). El acuerdo en este punto es una necesidad obvia y la promesa de un progreso mayor en nuestra ciencia.

II. EL OBJETO DE LA GEOGRAFIA FISICA A LA LUZ DE LA CIENCIA DE LOS GEOSISTEMAS

Resulta útil el concepto de geosistema en la reformulación del objeto de investigación del geógrafo físico y en la identificación clara de su contenido fuera de los parciales y estrechos campos geográficos. Da un nuevo ímpetu a la evolución de nuestra ciencia y amplía su potencial de aplicación.

La ciencia de los geosistemas trata de los tópicos claves de la Geografía Física:

1. Modelos de geosistemas, que incorporan las dinámicas espontáneas y antropogénicas y las condiciones naturales asociadas.
2. Análisis de axiomas y de otros fundamentos de la teoría especial de los geosistemas como parte de la teoría general de sistemas.
3. Investigación de instrumentos, en particular de métodos matemáticos, como los cuales los geosistemas y los procesos de formación del paisaje puedan estimarse cuantitativamente.

4. Análisis sistémico de las uniones espaciales en la esfera del paisaje a nivel planetario, regional y local.
5. Investigación del estado espacio-temporal de los geosistemas y construcción de sus modelos gráficos, principalmente mapas de medio ambiente para su protección y mejora.
6. Estudio del efecto de los factores socio-económicos en el medio ambiente natural y predicción de los geosistemas del futuro.
7. Valoración geográfica de proyectos para la utilización comprensiva y la protección del medio ambiente.
8. Adquisición, procesado y sistematización de la naturaleza y de los estudios territoriales para la educación y los bancos de datos.

Estos puntos no agotan el contenido íntegro de la Geografía Física pero, al menos, agrupan las principales áreas de su interés, las cuales se salen algunas veces de los campos geográficos limitados. Algunas, como la meteorología y la hidrología hace tiempo que se salieron de la Geografía Física, mientras otras como la geomorfología y la paleogeografía lo hicieron en una fecha más tardía; sus áreas de investigación todavía se solapan con las de la Geografía Física.

La Geografía Física, entendida como ciencia de geosistemas, no absorbe ningún campo geográfico sectorial. Esta comparte con ellos ciertos problemas respecto al orden en los enlaces entre componentes geosistémicos, cuenta con los datos que ellos le suministran, pero, en definitiva, no los sustituye ni puede ser sustituida por ellos.

La Geografía Física no es una supersíntesis de algunas ciencias geográficas que estudian la naturaleza, sino que toma solamente ciertas áreas de investigación de los campos mejor delimitados. Tiene por objeto la *compreensión*¹ de los problemas geográficos.

¹ La palabra «compreensión» debe entenderse en su sentido literal, descomponiéndola en las raíces latinas de que consta. Es una «toma conjunta» de los elementos. Esencialmente, y aunque el autor pretenda lo contrario, no difiere de la síntesis, que también significa lo mismo en su literalidad.

Está alcanzando cada vez mayor importancia en la proyección futura de los geosistemas y en la protección del medio ambiente.

Al estudiar problemas físico-geográficos comprehensivos, la *Geografía Física* toma contacto directo con la Geografía de la población y con la ciencia de los sistemas concepto-espacio-industriales. Porque, aunque hace algún tiempo fue sobrecargada con hidrología, geomorfología y otras investigaciones sectoriales que tendían a convertirse en más y más complejos, la Geografía Física, en contra de los deseos de los investigadores, se fue divorciando progresivamente de su propio objeto de investigación: *la interrelación de la Naturaleza con la Sociedad Humana*. La moderna Geografía Física se ocupa principalmente de los aspectos del medio que influyen y que son influidos por la actividad humana, que contribuyen a retroalimentar esta interrelación, y que son parte de un complejo sistema incorporando las esferas social y económica.

En este contexto, el *concepto de geosistema* es especialmente significativo porque provee de una *frontera distintiva* a la Geografía Física respecto de otras disciplinas geográficas, y al mismo tiempo define la *esencia* de la investigación físico-geográfica y su contribución a la geografía como un todo.

Los razonamientos anteriores permiten discernir lo que sería «el frente pionero» y el objeto de la Geografía Física, si ésta ha de aportar hechos a la ciencia general y ha de constituir un cuerpo de doctrina soberano.

III. EL GEOSISTEMA COMO FENOMENO NATURAL

Se debe hacer hincapié en que el geosistema es una *formación natural* cuyas leyes son ante todo las de la esfera geográfica. Así es cómo comprenden un geosistema muchos autores que trabajan en este campo tanto en la Unión Soviética como en el extranjero. Los geosistemas de este tipo son los únicos que se estudian como hechos de la vida y sólo de estos geosistemas se predicen buenos resultados. Otros puntos de vista se quedaron a lo sumo en construcciones puramente conceptuales, con detalles que apenas se han formulado.

Aunque los geosistemas son fenómenos naturales, los estudios y las descripciones tanto verbales como matemáticas de éstos, reconocen todos los *factores económicos sociales* que conforman sus estructuras y sus ras-

gos espaciales. Los modelos y gráficos de los geosistemas representan las variables económicas y sociales que influyen en los más importantes eslabones del geosistema.

Primero y principal, el término *trans-* se aplica a los *paisajes que han sido cambiados en un grado significativo, por el hombre*. El impacto de éste se deja sentir en muchos componentes del geosistema a modo de variaciones de la humedad o en el contenido en sales del suelo, en las formaciones de la vegetación y en la contaminación del aire. Constituyen *indicadores de variaciones en el estado* del geosistema que están ocurriendo a través de la estructura primaria y se representan en el modelo pertinentemente. Nos referimos a los paisajes antropogénicos como aquellos estados variables de los paisajes naturales primarios y a las manifestaciones de la dinámica inherente a la esfera del paisaje.

Los *sistemas denominados geotécnicos*, que R. Chorley (23) llamó sistemas controlables, tienen entidad propia. El estado de las variables, que es un factor inherente a estos sistemas, es mantenido por medios puestos por el hombre, pero puede cambiar con el tiempo y en función del potencial natural del terreno, aunque se mantenga constante el sistema de ayudas.

Los geosistemas controlables se clasifican en dos: los controlados episódicamente y los controlados de modo continuo. En los primeros, el geosistema se transforma espontáneamente en una nueva dirección como resultado de la intervención humana. En los geosistemas controlados continuamente se produce una alimentación regular exógena a través de una señal. Los factores antropogénicos y espontáneos que influyen en la estructura del geosistema en todos los ejemplos se consideran naturales incluso aunque sigan procesos económicos o sociales. No importa que los factores socio-económicos transformen el geosistema en gran medida, ya que por su propia naturaleza no pueden abarcar un sistema especial industrial situado dentro de las geocoras apropiadas.

Consecuentemente, los geosistemas son formaciones naturales que han sido influidas hasta un cierto punto por el medio ambiente social, económico y tecnológico.

IV. FUNDAMENTOS LOGICOS DE LA CIENCIA DE LOS GEOSISTEMAS

Los geosistemas forman una clase de sistemas dinámicos multinivelados de ciclo abierto (22) que se clasifican en geosistemas de la *vida terrestre* y geosistemas de *mares y océanos*.

La *neguentropía* se introduce de forma exógena a través de las radiaciones solares y por las fuerzas internas de la Tierra ².

La *jerarquía* es un carácter extremadamente importante dentro de los geosistemas. Es lo que hace que tanto una parte elemental de la superficie de la tierra y del geosistema planetario (el manto del paisaje) como las subdivisiones intermedias del medio ambiente natural (cada una separadamente y todos en conjunto) sean una entidad dinámica con una organización geográfica propia inherente. Esto último se refiere a un espacio, donde todos los componentes de un geosistema puedan existir y asegurar su integridad funcional. Un geosistema no se divide hasta el infinito; toda organización geográfica se constituye por áreas o tamaños.

El criterio del espacio está aceptado generalmente y es de especial importancia en Geografía. En los geosistemas cada categoría de dimensión (local, regional, planetaria, e intermedias) tiene sus propias *escalas* y sus específicas cualidades de organización geográfica.

El tiempo se estima en términos de edad; para los sistemas contemporáneos esta edad viene impuesta por el momento en que se crearon en los sistemas unos lazos similares a los que existen hoy.

² Como se sabe, uno de los puntos clave para explicar la dinámica de sistemas, en cuanto que estudia los cambios de materia y energía, son los conceptos de la termodinámica. Se conoce como entropía al grado de desorden de un sistema. Los sistemas naturales —en su realidad exclusivamente física y química— tienden o evolucionan de modo espontáneo hacia situaciones en las que aumenta la entropía, esto es, en donde el desorden sea mayor. Por el contrario, cuando interviene la vida —estructura harto compleja y que tiende a automantenerse en contra de la ley antes mencionada— el sistema sufre un aumento del orden, esto es, una neguentropía. Por su parte los *inputs* energéticos que se citan en el texto son la base para esta vida o neguentropía, lo mismo que para el mantenimiento de las transformaciones dentro del geosistema que, si no, se destruiría.

La transición de los geosistemas de un estadio temporal a otro es su *evolución* que es el objeto de estudio tanto de la ciencia geosistémica como de la *paleogeográfica*. La movilidad de los geosistemas dentro de un tiempo evolutivo es la esencia de su dinamismo. En muchos casos este movimiento es reversible o cuasi-reversible; juntos son un importante factor en la evolución de los geosistemas. El valor y el grado de *cambio de los componentes naturales* varía. Los más fáciles de cambiar y de transformar más rápidamente como resultado de la actividad humana, suelen ser críticos en la creación de la estructura del geosistema. Estos elementos, que varían con la situación físico-geográfica, dictan la intensidad del proceso físico-geográfico.

Los rasgos específicos locales varían enormemente en la naturaleza, y los geosistemas son extremadamente móviles. Estos rasgos vienen inducidos por la actividad humana. La variedad de los geosistemas elementales raya en el caos, si la observamos sólo fisionómicamente; por ello deben identificarse los *componentes invariables (invariantes)* del medio natural. Estas son partes de los sistemas dinámicos que en un determinado período de tiempo apenas cambian bajo el impacto de las transformaciones.

El componente invariable domina muchas derivaciones de la estructura en varios intervalos de vida y de las tendencias dinámicas (primaria, primaria condicionada, cuasi-primaria, serial, derivativa-antropogénica, etc.) La invariante (y su capacidad para generar estructuras variables) *cambia lentamente* en la evolución de los geosistemas. Esta evolución se produce bajo el efecto de los factores exógenos al sistema, como la energía, y de los factores endógenos, generados en los diferentes niveles del medio natural, dentro de la propia dinámica del geosistema. Los procesos endógenos ocurren continuamente dentro del manto del paisaje³ en las escalas local, regional y planetaria. Recientemente ha sido objeto de una gran atención la dinámica geosistémica (19,20,2,4,5).

Los mismos factores internos y externos para el desarrollo del manto del paisaje conducen a procesos de *homogeneización* y *diferenciación* que se desarrollan simultáneamente en el medio ambiente. Las diferenciaciones

³ La palabra «manto del paisaje», creada y desarrollada por Andrey Grigóryev, tan querida para la escuela geográfica-física soviética, hace referencia al objeto de la geografía. Geografía y paisajística son sinónimos. La aplicación del término «manto» desea recoger la idea de la esfericidad de la Tierra (geosfera), así como de la profundidad de la capa de interés geográfico. Equivaldrá, así pues, a la *Erdhülle* de Hettner.

han estado ocurriendo desde que el medio natural ha existido, y son efecto de la forma del planeta y su mecanismo de radiación. Varios factores que aceleran los procesos físico-geográficos, y que incluso ocasionalmente llevan a las crisis, facilitan esta diferenciación.

La homogeneización prevalece, en primer lugar, entre las rupturas provocadas por los fenómenos exógenos al manto del paisaje, y por la actividad humana cuando las condiciones favorecen la evolución espontánea de los geosistemas. Este segundo factor viene también estimulado por la escasa intensidad del proceso físico-geográfico.

V. MODELOS Y GRAFICOS

El objeto de la Geografía Física se ha definido más que por los componentes de la naturaleza en sí mismos, por los *enlaces entre los componentes* dentro de una jerarquía de entidades o geosistemas. Muchos científicos representan estos enlaces por medio de modelos y gráficas (8,1,21,24,26,11).

El gráfico de un geosistema comprende *vértices*, cuyo número es igual al de sus componentes o constituyentes, y *flechas* indicando la dirección de los enlaces. Un gráfico también puede incluir índices cuantitativos. Puede generalizar de algún modo la situación real y puede tomarse como el primer registro de enlaces dentro del geosistema.

Un modelo es una representación ordenada y sintética de un sistema en términos de símbolos, notaciones numéricas o descripciones matemáticas, y frecuentemente, en términos de gráficos, lo que le hace parecerse a un diagrama. Los trabajos de campo que realiza el geógrafo físico tienen como finalidad primordial, tomar datos para los diagramas y, consecuentemente, para los modelos. Los experimentos iniciales en la investigación de modelos de geosistemas pusieron en claro que algunos modelos y diagramas son esenciales incluso para la solución de un sencillo problema.

Dependiendo de lo que se representa, los modelos se han clasificado en:

1. Leyes generales del medio ambiente geográfico

2. Geómeros de varios rangos; y

3. Geocoras de varios ordenes ⁴.

La estructura del modelo se adapta a la dimensión del geosistema y a las leyes generales de la esfera geográfica.

Los objetivos y las técnicas en la construcción de modelos de sistemas varían ampliamente. Sería bastante útil desarrollar un modelo de modelos de geosistemas para representar las agrupaciones empíricas de varios aspectos contemplados en la construcción del modelo. No se han realizado investigaciones de esta índole, por lo que nosotros sólo indicaremos tres tipos de modelos que han pasado por su estado de formación.

1. *Los modelos funcionales de componentes.* Registran la entrada, transporte, transformación y salida de todos los componentes del geosistema. A fin de cuentas, en el análisis final, estos modelos permiten la percepción de la interacción de los componentes que integran el geosistema. Se construyen fundamentalmente para geosistemas elementales (biogeocenosis), pero posiblemente han de ser útiles en la representación de los geosistemas de todos los tamaños.

Los principios de diseño de este tipo de modelo fueron tomados de la ecología (27,7) la cual puede vanagloriarse de ciertos progresos en este campo. Un geosistema al igual que un ecosistema, sólo se puede describir mediante muchos modelos, algunos de los cuales son aplicables tanto a un geosistema como a un ecosistema adecuado (3), pero en conjunto, la constelación de los modelos de ecosistemas no es la misma que la de los geosistemas (ver el párrafo «Ecosistemas en el medio ambiente geográfico»). Ciertamente prometedores resultan los modelos de *geosistemas adyacentes* que R. Chorley denomina en *cascada* o *formativos de proceso* (23,24).

⁴ Es interesante definir brevemente ciertos conceptos:

— Geómero: neologismo, a imitación de polímero, que pone de manifiesto la complejidad del objeto geográfico. (En griego *meros* es porción).

— Geocora: neologismo que significa literalmente «comarca geográfica». Pone el énfasis en la naturaleza espacial de un individuo de relevancia geográfica.

2. El propósito de los *modelos funcionales de los geómeros*⁵ es representar el papel funcional de las facies en las macrogeocoras y de los geómeros de otros rangos en las geocoras a las que pertenecen. Estos modelos no tienen análogos en las otras ciencias de la tierra; los principios en los que se basan no han sido explorados completamente, porque no existen clasificaciones de facies en cuanto a su valor funcional en las geocoras.

Las facies varían según el papel que desempeñan tanto teniendo en cuenta la materia que entra en una geocora, como en su acumulación, en la transformación y el transporte a geocoras adyacentes.

El sistema funcional de una geocora comprende los componentes del geómero; la construcción de un modelo puede aclarar el mecanismo de los enlaces en juego. Un modelo funcional de geómeros no hace innecesario el modelo funcional de componentes, sino que puede considerarse un *paso subsiguiente* en la comprensión de la esencia funcional de grandes áreas que están compuestas por varios rangos homogéneos.

En los campos de aplicación agronómico, recreativo, etc, hay un nivel óptimo de relaciones funcionales de los geómeros para ese área. Hace ya tiempo que las ciencias agrícolas y agrobiológicas reconocen el significado de ciertas combinaciones y configuraciones de tierras cultivables, prados, pastos y bosques, por cuanto que todas contribuyen a la composición facial⁶ del paisaje. El modelo funcional de geómeros de un área es un banco muy útil de datos.

3. Un *modelo dinámico estructural* reconoce y analiza varias categorías dinámicas y estados de las variables de los geosistemas relacionados con *el mismo geómero primario, frecuentemente una facies o grupos de facies*. Un modelo de este tipo representa la estructura de las epifacies (ver

⁵ Dentro del grupo de trabajo de Zurich, integrado por los profesores H. Carol, H. Boesch, y D. Braunschweiler, el primero de ellos había popularizado la palabra geosfera en el Congreso De Río de Janeiro, en 1956. Entre los años 1961 y 1963, Hans Carol propuso el término «geómero» en diversas revistas suizas y austriacas para designar las partes de grandes dimensiones de la geosfera. Esta propuesta no tiene nada que ver con el concepto que aquí se vierte, acuñado por Sochava, y que equivale al fragmento más pequeño de los geosistemas.

⁶ Facial es el adjetivo de la palabra facies, y en este caso, no hace referencia a la cara física, sino al aspecto y más propiamente a la geofacies y micropaisajes como unidades mínimas dentro del conjunto descendente y jerárquico de unidades del paisaje que comienza con el planeta y pasa por las zonas, sectores, distritos, etc.

el párrafo Epigeómeros y clasificación de geosistemas»). Resulta de utilidad para demostrar la secuencia admitida de los estados de un sistema para la destrucción o restauración de la estructura primaria. De diferentes modos se hacen patentes las modificaciones primarias falsas, primarias condicionales, y seriales y, donde es posible, el tiempo que interviene en el cambio de estado.

Un geómero primario se convierte ahora en la esencia de cada modelo. Se puede considerar como el núcleo madre, pero esencialmente, los modelos dinámicos estructurales han de caracterizar todos los estados de una invariable. Hoy por hoy, esto no se puede hacer porque la dinámica de la esfera natural no se conoce adecuadamente.

En la mayoría de los casos, los modelos de este tipo son análogos o equivalentes a los diagramas. Pero como nuestro conocimiento de la dinámica geosistémica se va incrementando, incorporan índices cuantitativos adicionales. En particular, dados diferentes estados dinámicos (o diferentes vértices de un diagrama dinámico estructural), se ha observado cómo la masa, la productividad y otras variables del geosistema difieren significativamente, hecho que puede resultar útil en la construcción de modelos.

VI. LOS ECOSISTEMAS EN EL MEDIO GEOGRAFICO

El ecosistema es quizás un concepto bastante amplio y el objeto de la moderna ecología —la ciencia de los ecosistemas a todos los niveles—. Arthur Tansley (1871-1953), quien introdujo dicho término, tuvo en mente su significado global, pero la interpretación que prevalece de este término es más amplia, ya que el campo de interés de los ecólogos en el tercio final de este siglo (27,25), abarca desde las más pequeñas acumulaciones de materia donde haya vida, hasta la esfera ecológica de la raza humana (el planeta).

Ante todo, el geógrafo debería diferenciar los ecosistemas de biocenosis y los ecosistemas parciales de varios tamaños y en diferentes escalas. En muchos casos los límites de los *ecosistemas biocenóticos* son los mismos que en los sistemas geográficos de cierto rango. Los ecosistemas biocenóticos se representan por complejos homogéneos (biocenómeros), y por sus combinaciones territoriales interrelacionadas ecológicamente (bioce-

nocoras)⁷. Hay una cierta analogía con los geosistemas vivos de superficie, cuya clasificación será discutida más adelante.

Ciertos biólogos deberían revisar su pensamiento en cuanto que conciben, confundiendo, un ecosistema como un cierto nivel biótico (molecular, celular, orgánico, de población o ecosistema). Es expresión incorrecta hablar del nivel de ecosistema, porque los signos moleculares de vida, una célula, un organismo y una población, al ser tomados juntos con el medio son también ecosistemas de estos niveles. Lo que ellos llaman nivel de un ecosistema es el nivel cenótico o, más específicamente, el nivel biogeocénótico, porque la biogeocenosis es un rango elemental y homogéneo de una agrupación vegetal.

Los ecosistemas de biocenosis son *complejos monocéntricos* (biocéntricos), en los cuales se contempla el medio ambiente natural y su trans fondo abiótico hasta donde alcanzan los enlaces que vinculan a los organismos. El ecosistema es un concepto biológico. Pero, los geosistemas tienen unos sistemas de organización más complicados; su *alcance vertical* es mucho mayor que el de los ecosistemas. Los geosistemas son *policéntricos* e incorporan algunos componentes claves, uno de los cuales es, frecuentemente, lo biótico. Incluso en aquellos casos donde un ecosistema ocupe el mismo área que el geosistema al que se asocia, el geógrafo y el ecólogo difieren en sus aproximaciones: la aproximación del primero es *universal*, mientras que la del segundo es *especializada*.

Muchos ecosistemas parciales son también muy variados y sus rasgos se solapan y abarcan la superficie entera de la Tierra. Sus organismos, poblaciones y especies están interrelacionadas entre sí y con el medio ambiente. Según sus propósitos de conocimiento o aplicación, el científico se podrá dedicar sólo a algunos factores que no a la totalidad.

Uno de estos *ecosistemas parciales*, es el sistema predador-presa, al que se alude frecuentemente en la bibliografía, donde los modelos matemáticos se aplican a la ecología. Otros ejemplos son las poblaciones de *lemmings* en la tundra; animales de caza en la taiga; marmotas y ratones campestres en las estepas y semiestepas etc. Usar el concepto de ecosis-

⁷ De modo análogo a como se entendían los geosistemas (realidad), sus conceptos mínimos (geómeros) y su especialidad (geocoras), se hace referencia aquí a los ecosistemas biocenóticos (realidad), los conceptos que captamos de su complejidad (biocenómeros) y área que ocupan (biocenocoras).

tema parcial para bosque o vegetación asociada como las coníferas oscuras en el Norte y en las montañas, los castaños en el clima templado, y la guayaba en el cinturón tropical es algo legítimo y útil. En todos estos ejemplos la ecología trata de su *consortium* en el sentido amplio de la palabra (con vegetación, animales y microorganismos asociados) más que de las especies arbóreas individuales.

Los ecosistemas parciales también están interrelacionados con los geosistemas; esta interrelación es más complicada y frecuentemente es crucial para comprender el significado de lo biótico en la estructura y energía del medio ambiente geográfico y sus regiones. Juntos, constituyen un enorme y sofisticado generador de energía en el manto del paisaje.

Como en el caso de las formaciones biocenóticas, la naturaleza de los ecosistemas parciales depende de los organismos, las poblaciones, y los *consortii* con los que se establecen enlaces ecológicos. Para ilustrar esta verdad basta comparar los ecosistemas de *consortii* de los grandes mamíferos o aves migratorias con el mundo de los microorganismos del suelo. Las diferencias son sustanciales en todas las variables y, en particular, en cuanto a la importancia de varios factores ecológicos por lo que respecta a los ecosistemas parciales.

En definitiva, incluso los ecosistemas parciales de mamíferos y de aves que emigran a largas distancias están dentro de una cierta geocora, y coinciden con un cierto límite geográfico. Para la ciencia del paisaje, parece importante la detección y el estudio de los inherentes factores funcionales de estos ecosistemas dentro de las geocoras (las cuales pueden llegar a ser tan vastas como provincias naturales o zonas), especialmente cuando se enfoca la atención a los geosistemas elementales y a otros taxones del nivel local porque, en éstos los geosistemas parciales son en sí mismos importantes factores ecológicos.

Lo anterior sugiere que es erróneo igualar geosistemas a ecosistemas, a pesar de que algunos geógrafos tiendan a hacerlo. Confundir estos conceptos no es legítimo y no ayuda ni a la geografía ni a la ecología.

VII. RANGOS MÍNIMOS EN GEOSISTEMAS DE DIFERENTES TAMAÑOS

Cada clase de geosistema se asocia a un área determinada del espacio terrestre. El espacio, así como el tiempo, es un estado universal de la ma-

teria. En la Geografía Física, son también componentes de máxima importancia de los geosistemas el espacio total de la Tierra y las porciones de ésta de diferentes tamaños. Todos los otros elementos del geosistema pueden considerarse localizados dentro del espacio terrestre. Un geosistema solamente está completo si *ocupa una parte del espacio terrestre* de tamaño apropiado conjuntamente con otros indicadores inherentes.

Krauklis (6) habla de la «diferenciación funcional de espacio», ya que cada parte del espacio terrestre es el asiento de ciertos cuerpo y procesos naturales necesarios para mantener la integridad del geosistema, siendo incompatibles en áreas demasiado pequeñas. Esto se aplica en los diferentes rangos a los niveles de facies, geómero, microgeocora o provincia.

Este razonamiento nos lleva al concepto de rango mínimo para cada tipo de geosistema. Aunque hasta el presente este concepto parece practicable sólo para categorías básicas, a pesar de todo sería beneficioso una discusión sobre él, en cuanto que podría conducirnos a la delimitación de las fronteras objetivas de los geosistemas, al menos, para estas categorías.

Este concepto de rangos mínimos puede ayudar a establecer los tamaños mínimos a los cuales se aplica todavía el concepto de geosistema, y ayuda a conocer la parte más pequeña del medio ambiente que mantiene integridad geográfica.

Como tampoco el geómero, un geosistema elemental (biogeocenosis) no puede subdividirse, porque de otro modo, el científico estaría tratando con los elementos del sistema más que con el propio sistema. Un geosistema elemental puede dividirse en tantos componentes como se desee, pero el espacio terrestre y sus propias normas funcionales lo controlan.

Timoféyev-Ressovsky (18) atribuyó una máxima importancia al concepto de la más pequeña unidad corológica que merecía la consideración de biogeocenosis elemental «dentro de la cual no se pueden trazar límites biocenóticos, geomorfológicos, hidrológicos, microclimáticos, o de la geoquímica del suelo». Una biogeocenosis se puede dividir por las muchas fronteras que establecen sus componentes y elementos, siendo en este sentido inagotable. Es ridícula una clasificación de estos límites en importantes y no importantes.

Asumimos que hay un criterio universal para establecer un tamaño mínimo en los geosistemas de varios rangos sobre la base de los cambios de sustancia que conllevan. Consecuentemente el tamaño mínimo de una bio-

geocenosis, como parte de una facies, es el espacio donde se produce un cambio elemental de sustancias. En cuanto a la horizontal cubre un área donde los elementos aseguran la integridad del sistema más pequeño posible (factores microclimáticos, células de captación de agua, ecotopo de la biocenosis, intercambio de los principales elementos químicos, condiciones para la formación de materia orgánica, etc.) y en la vertical implica una capa de unos 20-50 m. donde se dan los límites verticales del ciclo elemental de la materia. Este ciclo elemental que se manifiesta en el rango mínimo de una facies específica, no puede considerarse sino como una parte, subordinada jerárquicamente, del intercambio de un radio mayor que a su vez está subordinado a un ciclo de rango superior que abarca un metabolismo de una escala mayor.

Especial interés posee el *criterio* para establecer un tamaño mínimo para los geosistemas regionales. Aquí también se aplica el *principio funcional*, pero en la vertical, el ciclo afecta a una capa atmosférica de 2 Km de grosor y al horizonte superior de la corteza terrestre, que es el fundamento de la geocora.

La investigación moderna todavía está centrada en los procesos cíclicos individuales (por regla general totalmente irreversibles) que están comprendidos en el ciclo regional. El ciclo hidrológico es de una gran importancia general. Se pueden utilizar varios coeficientes para representar la conjugación de los procesos del ciclo.

Sin embargo, todavía no se ha establecido un criterio equilibrado para determinar el tamaño mínimo de las geocoras regionales; por ello, se deben desarrollar los modelos funcionales de las geocoras regionales. Al hacerlo, se pueden utilizar los siguientes indicadores de dimensión regional:

1. El espacio de la geocora regional mínima debería incorporar una cierta variedad de geotopos suficiente para detectar lo específico del terreno regional.

2. El tamaño mínimo de la regional debería reflejar el concepto del transfondo físico-geográfico en cuanto a la combinación de sus geotopos y debería tener una altura suficiente como para detectar el tamaño mínimo de los procesos microclimáticos, esto es alrededor de 1,5 a 2 km.

3. Deben poder identificarse en el espacio de la región más pequeña los indicadores de los factores telúricos (gravedad, magnetismo de la Tierra,

neotectónica, etc). Estos factores no se dejan sentir en áreas más pequeñas (en comparación con las topogeocoras) por la acción de otros agentes.

4. En el contexto natural de la región mínima, se crean las condiciones específicas para el funcionamiento, la génesis de estructuras y para los modos integrales de las facies del paisaje; así pues, el tamaño principal de una cierta facies suele permanecer dentro del tamaño mínimo de la región más reducida.

El tamaño de las divisiones planetarias en la esfera del paisaje viene también determinado por las funciones, y en gran medida por los factores telúricos. La clasificación de una zona tropical y dos cinturones físico-geográficos extra-tropicales (Norte y Sur) es el resultado más tangible de la interacción de la radiación solar con la forma de la Tierra; en este contexto se producen los importantes intercambios entre continentes y océanos.

La esfera de las geocoras, con una vida en superficie dentro de un cinturón físico-geográfico, está representada por los *subcontinentes* (e islas en el océano), o por las *megageocoras* donde se dejan sentir sus propios rasgos específicos originados por la corteza terrestre y por los grandes intercambios entre los continentes y el océano. Existen, pues, cuatro subcontinentes en el Asia extra-tropical: Asia Septentrional, Asia Oriental, Asia Central y Asia Occidental.

En el contexto del intercambio energético característico, los subcontinentes tienen muchos caracteres que se combinan en un sistema megaterritorial. Pero éstos no son la geocora más pequeña posible, ya que sus parámetros son de dimensiones planetarias. Los subcontinentes se dividen en *megaposiciones* (grupos de distritos físico-geográficos) dentro de los cuales siguen siendo críticos, para una más amplia diferenciación del espacio terrestre, los efectos de los intercambios entre continentes y océanos, pero en los que va cobrando mayor importancia el efecto de los intercambios internos y los enlaces naturales zonales o bien los de sectores verticales.

En particular, el subcontinente de Asia Septentrional incluye las siguientes megaposiciones con sus regiones físico-geográficas subordinadas:

- 1) La periférica cercana al acéano (con los distritos físicos-geográficos del Artico y del Pacífico Norte).

- 2) Las llanuras del extremo continental (con los distritos de Obi-Irtys, Kazajstán central, el Siberiano Medio y la Yakutia Central).
- 3) Las megaposiciones montañosas del extremo continental (con los distritos montañosos de Siberia Meridional, Baikal-Jugjur, Yana-Kolyma y Amur-Sajalín).

Los *distritos físico-geográficos* que comprenden megaposiciones pueden considerarse «campos geográficos» donde encuentran expresión los fenómenos naturales con sus propias leyes de distribución zonal. El tamaño mínimo de un distrito físico-geográfico es el espacio terrestre donde se manifiestan fenómenos locales y sirve como criterio para el establecimiento de los límites del distrito.

Las megaposiciones dentro de un subcontinente pueden considerarse las divisiones más pequeñas en la esfera del paisaje a escala planetaria. Esta puede establecerse por la división del conjunto en partes (un continente se subdivide en subcontinentes con el apoyo de los rasgos específicos de la corteza terrestre, del intercambio entre continentes y océanos, y otros caracteres). Hay también otra aproximación posible: quizás las megaposiciones se establezcan por combinaciones sobre la base de la similitud de hechos básicos de los distritos físico-geográficos adyacentes. Ambas aproximaciones deberían completarse mutuamente.

Los distritos físico-geográficos caracterizan a la megaposición (grupo de distritos) a la cual pertenecen, y por este aspecto se relacionan con la escala planetaria. Al propio tiempo, sirven para generalizar una jerarquía de geocoras de dimensión regional y así pueden considerarse como categorías regionales. Para especificar más, los distritos son de un tamaño intermedio entre la escala planetaria y la dimensión regional, por lo que se relacionan directamente con el establecimiento del tamaño mínimo de las parcelas de la escala planetaria.

La macrogeocora (un territorio o paisaje) ocupa una posición análoga entre las geocoras; en cuanto a tamaño, está entre la dimensión regional y la local, y combina rasgos de la región más pequeña con los de la topogeocora más grande.

VIII. LA CLASIFICACION DUAL DE GEOSISTEMAS Y LA REGIONALIZACION

Debido el gran número de tipos elementales y de gran dinámica, los geosistemas están especialmente necesitados de una clasificación, que debería cumplir ciertos requisitos básicos.

Esta debería ser representativa de la jerarquía real de las divisiones que se originan en la esfera del paisaje, y debería dar una idea de las entidades naturales homogéneas de diferentes tamaños, lo mismo que la subordinación de unos rangos respecto de otros rangos, que también se combinan en una categoría completa. También debería dar una idea de la dinámica o estado de las variables de los geosistemas; éstos se considerarían entonces derivados de la estructura primera. Todas las clasificaciones son herramientas del conocimiento, y requieren un ajuste correcto. Nosotros creemos que la nueva clasificación de geosistemas debería contener invariantes y habría de ser menos engorrosa que las clasificaciones tan sofisticadas que se han empleado hasta el presente.

Estas últimas incluyen una clasificación dual que sistematiza e interrelaciona geómeros y geocoras (12,14).

El reconocimiento de una naturaleza dual en los geosistemas, la primera que incorpora una estructura homogénea (geómeros) y la segunda entidades de varias naturalezas (geocoras), es esencial en la sistematización de los mismos. Ambos, geómeros y geocoras, son entidades, las primeras con estructuras homogéneas y las segundas con heterogéneas. Unidas, caracterizan la estructura del paisaje de la Tierra. El componente más pequeño de esta estructura (de rango elemental dentro de un conjunto de fenómenos naturales) es un geómero elemental. Ocupa una pequeña área y se combina en el espacio con otros geómeros elementales de formas diferentes, para organizar una geocora elemental. Un geómero elemental no es sólo un concepto morfológico, es la unidad primaria del intercambio de materia y energía en la geosfera. Esta unidad actúa sólo como parte de una geocora elemental, y en un contexto de geosistemas de un rango superior. Este hecho es responsable de la jerarquía en la estructura de la esfera del paisaje, y constituye un importante rasgo en la clasificación de las divisiones de la esfera.

La taxonomía de geosistemas que nosotros tenemos en mente está constituida por dos series— geómeros y geocoras. Las bases y ejemplos de

estas series ya se han descrito en otra parte (12, 14). Ambas son autónomas, pero interdependientes en puntos nodales. Dentro del orden planetario de los geosistemas, las series (o conjuntos) de tipos de medio ambiente (ejemplo los paisajes del cinturón extra-tropical del hemisferio Norte) coinciden con los cinturones físico-geográficos. Las subclases de los geómeros no suelen sobrepasar los distritos físico-geográficos. En lo referente a los geomos⁸, en ciertos casos, sus leyes se aplican dentro de zonas o subzonas, mientras que en otras ocasiones, dentro de una provincia o grupos de provincias en las montañas. Los rasgos específicos estructurales de una facies se conservan con frecuencia dentro de los límites de una macrogeocora.

Consiguientemente, la estructura de un geómero está siempre controlada por una combinación de cualidades caracterizadas por el espacio terrestre en una geocora.

En la ciencia del paisaje, los aspectos tipológicos se generan por aspectos regionales y éstos por la composición tipológica de la geocora. Hay aquí un tipo de retroalimentación activa cuya acción se siente en los niveles local, regional y planetario. La clasificación dual de los geosistemas reconoce este enlace y ésta resulta su ventaja más importante.

La clasificación dual también resuelve el problema de la regionalización que antaño se redujo a la clasificación de un área o del espacio terrestre, y a la identificación de los sistemas territoriales integrales que se habían formado durante la evolución del manto del paisaje.

Al igualar geocoras y geómeros, la aproximación sistémica a la regionalización asegura que se reconozcan todos los componentes naturales, críticos o no, de carácter significativo. La contemplación de los sistemas homogéneos al propio tiempo que las entidades territoriales y sistemáticas heterogéneas proporciona una guía para comprender la estructura de los geómeros y también de las facies de estas últimas. Es importante que la regionalización se construya alrededor de un geómero, o de un sistema

⁸ —Geomos: es otro neologismo, breve, conciso, que se basa en la terminación griega *ōma* que denota una cualidad estática («terrestridad» o «terraqueidad»), y ha sido creada análogamente a bioma. Se refiere al conjunto de los aspectos abióticos del paisaje, o por utilizar la terminología soviética, del complejo territorial natural. Un geomos es la suma de las masas hídrica, aérea y sólida (hidro-, atmo- y litomasa) de un área. Si al geomos se agrega la biocenosis se completa el complejo natural territorial, y si se tiene en cuenta la intervención humana se alcanza el rango superior del geosistema.

donde se pueda conocer la contribución de todos los componentes a partir de los valores verdaderos. Por el contrario, la regionalización hecha a través del empleo de los denominados mapas tipológicos o de los indicadores de «geocomplejos», o de los «complejos territoriales naturales» (obtenidos con criterios basados en los hechos de la morfología del paisaje) no caracterizan un complejo natural con el alcance con que es posible mediante la aproximación de los sistemas, que reconoce los rasgos funcionales de un complejo.

La clasificación dual de los geosistemas, incluida la regionalización, satisface a los geógrafos quienes desean comparar los principios de homogeneidad y totalidad. Tanto una región o un área (macrogeocora) como los rangos homogéneos (una facies o una geoma) son entidades. Ambos son geosistemas, pero de diferentes categorías. La clasificación dual facilita el uso de los ordenadores para la regionalización y clasificación de comarcas, y rellena al vacío creado artificialmente entre las denominadas aproximaciones tipológica y regional.

IX. LA CLASIFICACION DE LOS EPIGEOMEROS Y GEOSISTEMAS

Esencial para clasificar las divisiones en el medio ambiente natural es relacionar los estados variables de un geosistema con el núcleo madre, que es un geómero primario. En los geómeros elementales, podemos hacerlo mediante la identificación de las *epifacies*. Una epifacies es un *sistema de geómeros elementales* derivados de una misma facies primaria. El núcleo madre de una epifacies puede ser un geosistema primario falso. La derivación de una estructura primaria, sea verdadera o falsa, puede ser espontánea o causada por agentes exógenos.

En definitiva, una epifacies es una estructura monocéntrica cuyo estado equifinal es una facies primaria (16). Esta definición es crucial para el concepto de la dinámica de la esfera del paisaje. Los científicos tendrán que establecer la invariante de este estado e identificar facies del mismo tipo sobre esta base, facies que por esta razón pertenecen a la misma epifacies. Luego sería deseable ordenar la serie de facies que hasta ahora se han identificado en la medida en que se aproximan al estado equifinal, reconociendo debidamente el mecanismo responsable de que éste no se haya alcanzado.

Dentro de una misma epifacies, los geómeros con estructura variable forman unas estructuras diversas, dinámicas, factoriales y otras estructuras que varían en el tiempo. La naturaleza de estas otras series depende en gran medida de las causas de la desviación respecto del estado equifinal, causas a las cuales a menudo es difícil acceder.

En resumen, una epifacies es un conjunto de series de estructuras variables las cuales, asumiendo que los factores exógenos no las interfieran, tienden al estado equifinal aunque por diferentes caminos. Dentro de una epifacies, tiene que contruirse las series de estados variables que reconocen las condiciones de transformación y sus valores; así, estas series necesitan una nueva clasificación. Operaciones como éstas se relacionan directamente con el estudio constructivo de la dinámica geosistémica, tanto para su proyección futura como para otros propósitos.

Una clasificación dual de geómeros podría indicar para cada facies primaria, las series principales de sus estados variables, que también forman las epifacies apropiadas. Esta clasificación también podría hacerse anotando los geómeros de un rango superior en la clasificación. Un grupo o una clase de epifacies unifica todos los estados derivados inherentes a ellas, tanto como las facies primaria o falsa primaria. En estos casos, estamos tratando con un grupo o clase de epifacies que son una generalización de todas las estructuras primarias y de todos los estados variables dentro del grupo o clase. En esta misma línea, los geosistemas primarios y derivados están subsumidos en estructuras superiores de «epigeomas» y epigeómeros. El concepto de epigeómeros es esencial para generalizar la idea de la división de la esfera del paisaje. La división posterior de los epigeómeros podría ser prevista por la clasificación dual. Este hecho es importante en la cartografía de la esfera del paisaje a pequeña escala. Cuando la escala lo permita, se pueden indicar varias series de transformaciones en las fronteras de los epigeómeros en el mapa del paisaje. Las técnicas modernas permiten que se puedan indicar muchos detalles de la dinámica del paisaje. Los colores sólo se usan para marcar los epigeómeros.

El concepto de epigeómero al que se asocia el de las estructuras variables de los geosistemas con un estado equifinal es decisivo para estimar el potencial de las áreas donde las condiciones naturales son modificadas inconscientemente y adversamente.

En términos generales, siempre que fuera posible, las tendencias dinámicas podrían representarse gracias a una clasificación dual. Al propio tiempo, con el propósito de su conocimiento y especialmente de la aplica-

ción, son necesarias unas clasificaciones específicas de las variables de estado del geosistema porque éstas son las que en muchos casos serán usadas o transformadas en la economía.

Las clasificaciones de series dinámicas y factoriales son más efectivas si se hacen dentro de un epigeoma o epigeómero de otro rango, de manera que se relacione esta clasificación especial dinámica con la de orden general.

Los estudios de la estructura dinámica de los epigeómeros son muy importantes para averiguar la elasticidad de los complejos naturales, lo que es de gran significación para la proyección futura y para la determinación de los niveles razonables de interferencia humana en la naturaleza.

X. LA PREDICCIÓN DE LOS GEOSISTEMAS DINÁMICOS (Previsiones geográficas)

Tanto para el conocimiento como para la aplicación, resulta muy útil predecir la dirección en la que se van producir los cambios en las estructuras del geosistema. Un aspecto importante de estos estudios es el cambio de la invariante del geosistema a través del tiempo, lo que controla su evolución. En un período corto esta evolución se siente en la estructura de la facies y, a largo plazo, sobre la forma del geoma e incluso en una dimensión mayor de los géómeros del rango más alto. Al propio tiempo, una evolución simultánea se produce en las geocoras; en las geocoras locales es más rápida y en las regionales y especialmente en las planetarias es más lenta. La visión completa de esta materia es el objeto de la paleogeografía⁹, que en algunos casos se basa en la ciencia de los geosistemas y en el concepto de la Teoría General de Sistemas.

Proponemos concentrarnos en la dinámica corriente de los geosistemas, en el conocimiento y ordenación de todas las variables de estados

⁹ La paleogeografía no debe entenderse como la materia que en España se construye a la carrera de C. Geológicas, esto es, que explica los medios ambientes acaecidos a lo largo de la historia geológica de la Tierra, sino como un estudio diacrónico del modo de evolucionar de un paisaje, con el fin de obtener las pautas de comportamiento capaces de permitir la predicción de futuro.

subordinados a la misma invariante, o en el objeto cuyo conocimiento lleve directamente a la proyección geográfica, que viene impuesto en primera instancia, directa o indirectamente, por las actividades humanas.

En muchos campos de conocimiento y aplicación, están alcanzando un incremento importante las predicciones sintéticas, incluyendo las geográficas. Estas últimas son vitales para el examen de varios conceptos económicos y de desarrollo social. Con frecuencia las proyecciones geográficas no son bastante eficaces en proyectos específicos si no se añade una interpretación tecnológico-económica y sociológica, aunque son siempre un componente esencial.

Entendemos que las proyecciones geográficas suponen el desarrollo de ideas sobre los sistemas geográficos naturales del futuro. La evolución de los geosistemas, como mencionábamos antes, es el objeto de la paleogeografía y de la ciencia de los geosistemas, considerando la dinámica corriente (el cambio de una variable de la estructura por otra). Esta dinámica se deja sentir también en un desarrollo espontáneo, aunque en la mayoría de los casos es consecuencia de la influencia humana que acompaña a las actividades varias en la exploración del terreno, en el desarrollo de la tierra y en proyectos similares. Quizás la proyección de la dinámica corriente es una condición *sine qua non* del uso inteligente de los recursos naturales, y de la conservación y mejora del medio ambiente.

Aunque el geosistema cambie en su totalidad, sus componentes se transforman a diferentes velocidades y por lo habitual a su propio modo. La dinámica de los componentes podría predecirse dentro de un proyecto geográfico general, y seguramente sería valorado en su justa medida. Los planificadores se suelen contentar con unas predicciones componente por componente, no siendo éste un modo bueno de actuar.

Una proyección geográfica cubre sólo el medio ambiente natural del hombre. Y las predicciones socio-económicas también permiten una dinámica del entorno. En las proyecciones geográficas se permiten los aspectos sociales y económicos, sólo en la medida de sus efectos sobre la naturaleza. Esto es ya suficiente, porque aparte de una proyección geográfica, un geógrafo contribuye realmente en los proyectos socio-económicos, y en particular, en las perspectivas para los sistemas territoriales-industriales.

Las proyecciones de una naturaleza más limitada (de la dinámica del terreno, del balance del agua y calor, y de la flora o la fauna) son extrema-

damente importantes para hacer proyectos geográficos integrales. Estos apenas pueden considerarse completos a menos que se hagan compatibles con el concepto de la estructura del futuro geosistema.

Las proyecciones geográficas sectorial (a base de los componentes) e integral, y tal como testimonio la propia experiencia, deberían desarrollarse juntas, al mismo tiempo y no una tras otra. Las predicciones sectoriales no pueden ser fiables a menos que estén de acuerdo con el proyecto integral; o por decirlo de otro modo, a menos que las suposiciones acerca de la dinámica de los componentes reconozca la estructura general del paisaje del futuro.

Tenemos ahora una idea clara del valor de un proyecto geográfico integral. La proyección es un lugar muy común de la ciencia de los geosistemas. Pero los geógrafos físicos no están totalmente preparados para la proyección actual en las escalas que se necesitan ahora para los planes de regadío en Asia Central, para el asentamiento de la población en nuevas tierras en la Siberia Occidental, para la construcción del ferrocarril del Baikal-Amur y otros muchos proyectos en los próximos lustros.

Si se pretende poner remedio a esta situación, deben recibir más atención los aspectos teóricos de la ciencia de los geosistemas, particularmente las relaciones entre los componentes naturales y los principios de la construcción de modelos (diseño de gráficos tiempo-espacio, identificación del origen en la invariante de los geosistemas y reconocimiento de las series de sus estados variables). Estas investigaciones deberían correr paralelas a los experimentos en las estaciones de investigación o examinando zonas, cuando tiene que realizarse una previsión para un proyecto de gran escala.

La dinámica corriente se puede proyectar mediante el diseño de tres modelos básicos para el área.

Para ilustrar lo que se ha dicho, examinemos la posible dinámica en las mesogeocoras donde los procesos naturales deben cambiar, toda vez que se ha construido un embalse de agua. El área donde puede esperarse que las condiciones naturales cambien se cartografía en una escala que facilite que sean definidos los rangos de grupos de facies. Para el mismo espacio se construye un modelo en cascada de componentes funcionales y unas parcelas que representen las condiciones actuales integrales de las facies típicas o de los grupos de facies, con el fin de caracterizar el estado inicial del terreno; el cuadro real se obtiene merced a los trabajos de campo.

A continuación se creará otro modelo en cascada y otras parcelas que reconocen los valores de las magnitudes de los componentes y el valor de la variación, tal y como se habrán de modificar una vez que el proyecto haya sido ejecutado. Se dispone de todos los indicadores (algunos en modelos y parcelas de estados corrientes, y otros especificados por los diseñadores). Así se hace la previsión del estado probable que pueda representar el proyecto. Este estado se examina para averiguar si se producen los cambios esperados en los suministros de agua y calor y si afectan adversamente al medio ambiente humano y a los recursos. En este punto, también son posibles otros cálculos económicos.

Así se pueden descubrir algunos efectos indeseables. Pero se puede obtener un modelo óptimo introduciendo correcciones en los parámetros específicos del diseño inicial. Esta tercera versión del modelo, la óptima, puede considerarse una proyección constructiva. A ésta se añade una parcela de condiciones naturales, como también algunos anexos que han de confirmar la suficiente productividad del recurso, las posibilidades de su reproducción, el mantenimiento, lo mejor posible, de las condiciones para el hábitat y otros datos.

Muchos indicadores necesarios para un modelo de proyección no pueden ser expresados actualmente en términos de datos experimentales porque la investigación requiere tiempo, del que no dispone el investigador.

Por ello se habrá de construir un modelo hipotético tras una aproximación lógica efectuada a través del análisis de la información e, incluso en una dimensión mayor, a través de la aproximación sistemática al modelo de los geosistemas.

Los geosistemas (y sistemas territoriales-industriales) comprenden una jerarquía de niveles de organización. Debería predecirse el futuro de cada nivel cuidadosamente. En la mayoría de los casos la predicción responde a un propósito determinado y es válido para un área de Obi-Irtysh, de la zona donde está siendo construido el ferrocarril de Baikal-Amur, o el área donde el flujo de la escorrentía pretende distribuirse, etc.). El tipo de proyecto geográfico más común es el del espacio de sistemas territoriales-industriales específicos ya existentes o en proceso de construcción.

En la planificación de la formación y evolución de los sistemas territoriales industriales deben considerarse la situación físico-geográfica corriente y sus cambios a través del tiempo. Pero en la proyección de un geosistema no deben descuidarse los efectos de los factores socio-económicos.

Una aproximación correcta al objeto debería incluir tanto el desarrollo simultáneo e interdependiente de la predicción de un sistema territorial-industrial como una proyección geográfica poniendo los resultados en documentos separados que se complementan y justifican mutuamente. Deberían compararse con una proyección comprensiva que cubriera todos los cambios sociales, económicos y naturales que pueden ocurrir en un período determinado.

Para la investigación y para la estrategia de exploración y protección del medio ambiente pueden ser útiles los proyectos hasta los horizontes temporales de los años 1990, 2020, etc. Sin embargo se hace una proyección específica para un período, dentro del cual se deje sentir el efecto de la actividad humana en la naturaleza de un área.

En muchos casos deben tenerse en cuenta los aspectos estacionales de las condiciones naturales. Y más aún, debe existir tolerancia para con los cambios anuales (porque siendo favorables el curso de las precipitaciones y las temperaturas y el fenológico puede ocurrir una crisis cada tres o cuatro años).

Así, debiera realizarse un proyecto orientado a un determinado objetivo para un cierto período de tiempo tal que una década (1990, 2000, 2010-2020, etc.) Lo mejor sería que el proyecto contuviera datos de las tendencias dinámicas lo mismo que la estructura de los geosistemas para el futuro. Esto es verdad especialmente para los proyectos geográficos de propuestas de desarrollo del territorio tales como la distribución de la escorrentía. El contenido dinámico de una proyección geográfica se asienta primero en los estudios estáticos de los geosistemas y en las condiciones naturales consideradas en sus variaciones anuales.

También es importante el refinamiento ulterior de los principios para el diseño de los modelos dinámicos de los geosistemas ya sea a partir de los datos disponibles de manera corriente, ya sea a partir de los datos de predicción.

Uno de los rasgos específicos (de gran valor), de las proyecciones geográficas es que incluyen las futuras relaciones espaciales entre los geosistemas. El método cartográfico que en conjunto es importante en la ciencia de los geosistemas tiene un gran papel en la confección de los modelos geográficos y se combina, mejor que ningún otro, con la construcción de modelos. El modelo de un geosistema del futuro debería localizarse en un mapa para poder identificar sus indicadores espaciales.

El territorio para el cual se hace el proyecto, podría representarse en una serie de mapas naturales, que juntos caracterizarían las geocoras componente por componente, al mismo tiempo que en su totalidad. Los mapas (geomorfológicos, hidrológicos, climáticos, de vegetación, del mundo animal, etc) deberían ser compatibles o comparables en aspectos como el de sus leyendas y sus presentaciones gráficas.

Las proyecciones geográficas se facilitan gracias a los mapas del paisaje con datos analíticos que caracterizan varios indicadores geosistémicos tales como la fertilidad, potencial del suelo, la profundidad y la calidad del agua freática, la productividad de ciertos tipos de biomásas, mapa del uso recreativo, médico-geográfico, arquitectónico y de planeamientos, etc.

Los mapas de correlaciones son también de gran ayuda. Representan la posición espacial de dependencias entre varios fenómenos geográficos expresados en términos cuantitativos. Los mapas de correlaciones son un tipo de modelo que facilitan la evaluación del grado de proximidad de los enlaces que traban el paisaje ecológico espacial y permiten evaluar el efecto del cambio de un factor determinado sobre los diversos componentes que forman el geosistema. Los mapas del suelo que indican las cantidades óptimas de fertilizantes, las actividades deseadas para el desarrollo del territorio, y la fertilidad potencial para ciertos cultivos puede ser un valioso tipo de mapa de correlaciones. Estos mapas deben confeccionarse con carácter indicativo, lo cual es muy importante en la proyección geográfica.

Haciendo una proyección volvemos por dos veces a un mapa temático. La primera cuando se crea el modelo de geosistema a través del análisis de los enlaces típicos de las supuestas situaciones naturales, con tolerancia para las interferencias humanas. En este punto, el material cartográfico es tan importante como cualquier otra información inicial.

El método cartográfico es incluso más importante para completar un proyecto cuando se vuelve a utilizar para establecer el rango del geosistema y la probable modificación espacial de su estructura. Al hacerlo así, los mapas se emplean para indicar los límites de los geosistemas modernos, al igual que la hipsometría, junto con otros mapas temáticos del hábitat.

Los mapas de correlaciones, ya sean económico-geográficos y naturales, se están diseñando ya. De un modo específico existen mapas disponibles que muestran los cambios espaciales de los enlaces entre los componentes de los geosistemas (17). Estos mapas son importantes para los propósitos de aplicación.

Ya mencionamos previamente que los instrumentos de la proyección geográfica quedan cortos para las necesidades existentes. Se está dando más atención a los proyectos sectoriales que a los proyectos integrales. La teoría, y de modo específico, la investigación de los sistemas para el análisis de los fenómenos geográficos, no es lo bastante adecuada para un proyecto geográfico-integral, ni para la descripción de geosistemas del futuro. Se ha recorrido un largo camino para organizar la investigación experimental de los geosistemas. La experiencia de la proyección real es todavía muy pequeña, pero se espera un gran avance de ella. Incluso puede decirse que los tres años pasados en discusiones sobre el estado de la cuestión, los simposios, y las conferencias sobre el tema, son un paso significativo hacia adelante.

No obstante, la teoría de la ciencia de los geosistemas demanda mucha más atención, particularmente en lo concerniente a la dinámica del medio ambiente. La andadura y la magnitud de los estudios experimentales del paisaje deben impulsarse radicalmente. Serían considerados entre las actividades prioritarias y dirigidos no sólo por los Institutos Geográficos de la Unión y por las Academias de Ciencias de las Repúblicas, sino también por los Institutos de Enseñanza Superior relacionados con la Geografía Física.

XI. LOS GEOSISTEMAS Y LA COLABORACION HOMBRE-NATURALEZA

El impacto del hombre en la naturaleza, la conservación y mejora medioambiental, el uso inteligente de los recursos naturales, el mantenimiento del paisaje modelado por el hombre y, finalmente, el estudio comprehensivo de los factores antropogénicos con la ciencia del paisaje con el foco de atención de una sociedad ahora preocupada por el deterioro del hábitat humano y las crisis que irrumpen ocasionalmente. La Geografía sola no puede abarcar este tipo de problemas pero la ciencia de los geosistemas puede tratar varios aspectos.

Si la denominada ciencia del paisaje antropogénico sirve para reconocer, mediante la clasificación, no sólo todas las manifestaciones de los hechos antropogénicos de un complejo natural, sino que también sirve para su conservación, su protección y, lo más importante, para su mejora, la aproximación a los sistemas es de una importancia clave.

Nos concentraremos en un término simple de la ecuación hombre-medio ambiente: el valor del concepto de geosistema en la interfase hombre-naturaleza. Lo que nosotros vemos corrientemente son transformaciones, y principalmente deterioros, del paisaje y de la esfera ambiental; el medio ambiente está deteriorándose y los recursos, que si fueran utilizados correctamente, podrían expandirse, se están agotando. El remedio es, pues, la colaboración del hombre con la naturaleza.

Frecuentemente, el paisaje antropogénico no es producto de esta colaboración; este paisaje no resulta de los deseos del hombre por explotar los recursos naturales para su propio uso. La mayoría de los paisajes antropogénicos que atraen a los geógrafos son la materialización de los conflictos con la naturaleza.

Este conflicto se está aliviando ahora que la protección de la biosfera ocupa un lugar importante en la agenda del hombre. Las denuncias y las represiones tienen su papel en esto, pero será decisiva la contribución de la tecnología para eliminar los efectos dañinos de la industria en la naturaleza. Una vez que las crisis sean más suaves, se incrementará el papel de la colaboración hombre-naturaleza junto con el progreso en la tecnología.

Entendemos la colaboración como un esfuerzo del hombre diseñador para expandir el potencial de la naturaleza, para intensificar los procesos naturales, para incrementar la productividad, cuantitativa y cualitativamente, del geosistema, y de la energía potencial en el espacio terrestre.

Esta colaboración incluye el uso y la mejora de las tendencias que aparecen en la naturaleza, y de sus condiciones integrales (más que las parciales). Con esto se eliminan las contribuciones positivas y negativas y los procesos de retroalimentación que conducen a la crisis. La colaboración no es sinónimo de transformación, aunque sus objetivos puedan coincidir. A veces es difícil trazar la línea que separa la colaboración y los diversos actos de intervencionismo conveniente en los procesos naturales.

La colaboración debería compensarse con el tiempo, o dar fruto en el proceso de los cambios rítmicos de la naturaleza; esta colaboración se debería instrumentar al menos a una escala de región, más que en un área de tierras laborables, en una finca. Un buen ejemplo de colaboración con la naturaleza son los «subtrópicos soviéticos» creados y planeados por el gran geógrafo A. N. Krasnıy (1862-1914). Los rasgos subtropicales se han integrado en la naturaleza de la Cólquida y en las áreas vecinas, y se han podido desarrollar espontáneamente, gracias a la atención constante de la pobla-

ción. Otro ejemplo son las áreas costeras en Holanda donde las represas, diques, canales y *polders* crean junto con otros componentes en la esfera del paisaje, un geosistema que incluye prados, jardines, y flores donde antes estaba el fondo del mar.

Las colaboraciones de este tipo pueden tomar forma a lo largo de una enorme área en la llanura de inundación del Obi y del Irtysh, donde la regulación de las crecidas y de la escorrentía, con la creación de *polders* y otras medidas, producirían grandes áreas de prados de forraje para el ganado, lo que podría beneficiar el desarrollo de otras industrias.

En la URSS las perspectivas de colaboración con la naturaleza son muy prometedoras. La investigación de la naturaleza está alcanzando resultados muy eficaces en la creación de paisajes culturales alrededor de los embalses de agua del Angara o en la transformación de las áreas salvajes de la taiga que ocupan enormes provincias físico-geográficas, en áreas forestales de gran producción o en la creación de nuevos sistemas de uso recreativo.

La colaboración con la naturaleza se fomentaría mediante la construcción de modelos de «geosistemas de colaboración», con la tecnología de los ordenadores y los diagramas de procesos naturales interrelacionados y las acciones correctivas. Una investigación similar toma cuerpo en el modelo de sistemas de control de R. Chorley diseñado para mantener los componentes del sistema en el nivel deseado (23). Los modelos de colaboración deberían representar los procesos naturales (físico-geográficos) estimulados y dirigidos por el hombre para el mantenimiento (o incluso el desarrollo) de la calidad del medio ambiente.

Muchos campos de la ciencia de los geosistemas están directamente involucrados en la colaboración hombre-naturaleza. Esta es la verdad ante todo, en el concepto de dinámica geosistémica, en los rasgos funcionales, en el potencial de recursos, etc.

Todas las cosas que se relacionan con los sistemas geotécnicos se solapan con los estudios de colaboración.

En conjunto, esta área tiene un gran futuro, y alcanzará un grado aún mayor en el cual la Geografía Física se aplique para el desarrollo social y económico.

La colaboración entre el hombre y la naturaleza será cada vez más sofisticada, y el potencial de la geografía en este campo tiende a convertirse en inagotable.

XII. LOS ESTUDIOS REGIONALES A LA LUZ DE LA CIENCIA DE LOS GEOSISTEMAS

Hemos definido la moderna Geografía Física como una ciencia de geosistemas. Se podrían afirmar sus relaciones con otros campos geográficos, y especialmente con aquellos que fueron cubiertos por las áreas específicas de la Geografía Física, convencional. Muchas se transformaron en ciencias independientes de la Tierra. El objeto de la Geografía todavía abarca áreas de conocimiento geográfico de gran tamaño como son los países o las regiones (por ejemplo, la Geografía Física de la Unión Soviética o del Oriente Medio). Son productos de una síntesis geográfica independiente; comprenden una rama específica de la Geografía, la de los estudios regionales, que cubren los aspectos regionales socio-económicos.

Creemos que los estudios regionales podrían unificarse en una sola línea de investigación a la cual podrían contribuir investigadores de la naturaleza, sociólogos y economistas. La materia bruta para los estudios regionales es la información sobre los campos geográficos: físico, social y económico ¹⁰. Aunque la ciencia de los geosistemas se apropie sólo de ciertos útiles de estos campos para analizar las relaciones entre los componentes del paisaje, los estudios regionales contarían con muchos de estos instrumentos para investigar los diversos aspectos de la naturaleza, de la geografía de la población y de la economía.

En ciertos aspectos, los estudios regionales son la supersíntesis de áreas que trata de los diferentes aspectos de la región, y particularmente de los planes

¹⁰ La Geografía soviética general es tripartita y se desglosa en geografía física, de la población y económica. No debe por lo tanto chocar esta continua alusión a los tres aspectos. En cuanto a su concreción espacial, cada una de las ramas se refieren a la Unión Soviética o a los «países extranjeros» (resto del mundo). Debe tenerse en cuenta que la URSS es de por sí un «continente».

de la economía regional ¹¹. La relación entre los estudios regionales y la ciencia de los geosistemas se apoya en el hecho de que, dependiendo del grado de detalle, una descripción orientada a los estudios regionales puede contener información acerca de los geosistemas más importantes de la región y sobre los sistemas territoriales-industriales. Mi artículo «El paradigma sistémico en geografía» (13) ofrece una guía de las relaciones entre los estudios regionales y los estudios de los geosistemas, y de éstos con otros campos geográficos, incluyendo los estudios de los sistemas territoriales-industriales (Geografía Económica) y los sistemas territoriales de población.

En el conjunto de las ciencias geográficas, los estudios regionales ocupan una posición independiente. Son esencialmente integrados (cubren la naturaleza, la economía y la población) pero en el estado actual de la evolución deberían abordarse por equipos de geógrafos, incluso en los campos geográficos que tratan sólo de Geografía Física o Económica. Todo se controla por la calidad de las descripciones de los estudios regionales. Si se requiere una investigación altamente especializada, será emprendida por un equipo de científicos, mientras si la investigación es de naturaleza general o bien orientada a la redacción de un manual puede ponerse a trabajar un único geógrafo. Durante el período de P. Vidal de la Blache (1845-1918) los geógrafos franceses hicieron un excelente trabajo para aquel tiempo. Ahora, sin embargo, se necesitan unos principios y unos métodos en los estudios regionales que satisfagan los requerimientos de instrucción de los institutos de enseñanza al más alto grado, las exigencias de la sistematización estadística y de otros objetivos culturales y económicos.

Como mencionamos anteriormente, las descripciones de los estudios regionales deberían incluir datos de los geosistemas y de los sistemas territoriales-industriales. En el estado más general del problema, sería el instrumento dominante de las investigaciones en el estudio regional, el principio sistémico de análisis y de descripción.

Los que trabajan en el campo emplearían este principio para seleccionar las informaciones tomadas de los campos geográficos específicos y de otros.

El concepto de geosistema ofrece una definición sucinta a las relaciones hombre-naturaleza, previene de posibles crisis y sugiere posibles caminos de colaboración.

¹¹ La importancia que se le concede al plan es una consecuencia directa de la realización de la política económica en los países de economía socialista. De él deriva la preeminencia de la vertiente aplicada de las ciencias.

XIII. LA CIENCIA DE LOS GEOSISTEMAS Y LA GEOGRAFIA APLICADA

El desarrollo de la Geografía Aplicada como campo específico es una condición esencial para la utilización eficaz de los conceptos geográficos en la vida real. Y la separación explícita de la investigación aplicada de la básica es una condición para el éxito de ambas.

En la agenda de las conferencias y comités de la Unión Geográfica Internacional están ciertos lugares comunes como la urbanización, ciertos aspectos de la geografía de la población, la gestión territorial, el desarrollo de la planificación y otros aspectos de la geografía socio-económica. Y sólo en los campos específicos de la geografía natural como la climatología, la geomorfología, la geografía del suelo, etc. es donde se trabaja con problemas aplicados. Habitualmente no se clasifican estos estudios dentro de la Geografía Física, porque los campos individuales tienen su propia vertiente aplicada.

Sólo cuando la Geografía Física se considera ciencia de los geosistemas, comienza a tomar contacto con las anteriores áreas aplicadas y con independencia respecto de los campos específicos de las ciencias naturales. Al definir el alcance de la ciencia de los geosistemas, se sugirieron objetos de investigación que llevan directamente a la Geografía Aplicada. Todo lo relacionado con la investigación de los componentes de los geosistemas, que al mismo tiempo están afectados por las actividades humanas, tiene significación aplicada. El conocimiento de estos enlaces es esencial en el diseño, y en la planificación del uso racional de los recursos tanto cuando hay interferencias con el desarrollo espontáneo de la naturaleza, si se desea la colaboración, como cuando se planean varios tipos de construcción (10), e incluso en la proyección futura (15).

La investigación del sistema debería emplearse para el diseño y la planificación. Quizás debería ser miembro de un equipo de planificación un geógrafo físico no para consultarle sino para tomar la mejor decisión, y consiguientemente como experto en la aceptación del proyecto. El geógrafo físico aplicado contribuiría primero a la planificación y a la organización ejecutiva, donde se encargaría del modo del geosistema para calcular los mejores instrumentos posibles que se deben usar al interferir en la estructura y en las funciones durante el proceso de ingeniería o de uso agrario del espacio.

Junto a los proyectos geográficos megarregionales y globales cuyas reglas básicas ha determinado el Consejo Científico en la Biosfera sometido a la Academia de Ciencias de la URSS, cualquier ley sobre el uso de los recursos naturales, proyectos de gestión territorial, de gestión local, como de construcción de una gran factoría que provoque la contaminación del medio, requiere trabajar en un proyecto que sería una tarea rutinaria para un cuerpo de diseño, para un geógrafo aplicado dentro del equipo.

Los documentos referentes a la gestión de un área regional habrían de incluir un texto físico-geográfico. Hasta ahora se ha reducido a la caracterización de la región, y ha sido realizada por un grupo de especialistas. Si estuviera escrita inteligentemente, una caracterización de este tipo es ciertamente útil. Pero la aplicación conseguirá ganar por lo menos tanto de las características de los enlaces detectados en el medio ambiente gracias a la construcción del modelo como por la de los gráficos en cuyos vértices se anotan ciertas proyecciones físico-geográficas, cuanto sea capaz el gráfico de describir la situación natural como un todo. Un modelo, o un par de gráficos no son suficientes. Los planes regionales requieren varios modelos del medio ambiente y gran número de gráficos.

La ciencia de los geosistemas exige también la actuación de un geógrafo físico incluso allí donde se consideraba suficiente la consulta a un especialista industrial. Esto es verdad, en particular, para el planeamiento de las transformaciones y el desarrollo regional. No se puede tratar de actividades hidrológicas y de desarrollo de un territorio a menos que (directa o indirectamente) se reconozcan los cambios que pueden ocurrir en la naturaleza. Las soluciones empíricas han sido más ineficaces. Pero por basarse en el concepto de geosistema, el geógrafo físico puede desarrollar varias opciones de modelos de situaciones que pueden seguirse de las transformaciones. Este aspecto de la Geografía Física debería combinarse con la evaluación geográfica sistemática de todos los proyectos, particularmente en el asentamiento de poblaciones en nuevas áreas. Esta evaluación en términos del uso de recursos naturales y de la conservación del medio ambiente tendría que basarse en los hallazgos de la ciencia de los geosistemas.

Trabajar en estudios de campo y realizar evaluaciones y pruebas para la conservación del medio ambiente, parecen ser los campos más importantes para la Geografía Aplicada tanto en la actualidad como en el futuro. Esta actividad seguirá incrementando aún más los métodos de los estudios geográficos tales como el análisis de sistemas naturales y por lo tanto, también, de la ciencia de los geosistemas.

BIBLIOGRAFIA

1. ARMAND, A. D. *El papel de los modelos en el estudio de los complejos naturales. Métodos de la investigación del paisaje*, Leningrado 1971, (en ruso).
2. GERENCHUK, K. I., TOPCHIEV, A. G.: *Sobre la estructura y los aspectos dinámicos de la investigación del paisaje*. Séptimo simposio de la ciencia del paisaje (La teoría del paisaje actual), Perm 1974 (en ruso).
3. DRUZHININA, N. P., KRAUKLIS, A. A.: *Diseño del proceso de producción de los geosistemas*. Investigación de la vida en la taiga (Problema y tendencias), Irkutsk 1973 (en ruso).
4. DYAKONOV, K. N.: *Investigación de la estabilidad y la variabilidad de los procesos en los geosistemas*. Séptimo simposio de la ciencia del paisaje (La teoría del paisaje actual), Perm 1974 (en ruso).
5. ISACHENKO, A. G.: *Los aspectos de la dinámica en la ciencia del paisaje de hoy*. Séptimo simposio de la ciencia del paisaje (La teoría del paisaje actual), Perm. 1974 (en ruso).
6. KRAUKLIS, A. A.: *Sobre ciertos resultados*. Regímenes naturales y topogeosistemas en el área de la taiga de Angara, 1975 (en ruso).
7. LYAPUNOV, A. A., TITLYANOVA, A. A.: «Aproximación a los sistemas en el análisis de procesos de intercambios en la biogeocenosis». *Revista de Botánica*, Vol. 59, n.º 8, 1974, (en ruso).

8. *Modelos en Geografía*, Moscú 1971 (en ruso).
9. PREOBRAZHENSKY, V. S., ZORIN, I. V., VEDENIN, YU. A.: «Aspectos geográficos en la formación de nuevos tipos de sistemas recreativos». *Transacciones de la Academia de Ciencias de la URSS*, Serie Geográfica n.º 1, 1972 (en ruso).
10. RETEIUM, A. YU., DYAKONOV, K. N., KUNITZIN, L. F.: «Interacciones entre tecnología y naturaleza. Sistemas geotécnicos». *Transacciones de la Academia de las Ciencias de la URSS*, Serie Geográfica, n.º 4, 1972, (en ruso).
11. SNYTKO, V. A.: «Modelos espacio-temporales de los geosistemas en los regímenes naturales». *Papeles del Instituto de Geografía de Siberia y del Lejano Oriente*, n.º 45, 1974 (en ruso).
12. SOCHAVA, V. B.: «Sobre la teoría de la clasificación de los geosistemas con vida terrestre». *Papeles del Instituto de Geografía de Siberia y del Lejano Oriente*, n.º 34, 1972, (en ruso).
13. —: «El paradigma de los sistemas en geografía». *Actas de la Sociedad Geográfica de la URSS*, vol. 105, n.º 1973, (en ruso).
14. —: *Geotopología como una rama de los estudios de geosistemas*. Aspectos topológicos en los estudios de geosistemas, Novosibirsk, 1974 (en ruso).
15. —: «La proyección como una tendencia importante en la geografía actual». *Papeles del Instituto de Geografía de Siberia y del Lejano Oriente*, n.º 43 1974, (en ruso).
16. SOCHAVA, V. B., KRAUKLIS, A. A., MIKHEEV, V. S.: *Las dinámicas del paisaje y las epifacias*. Séptimo simposium de la ciencia del paisaje. (La teoría del paisaje actual), Perm 1974, (en ruso).
17. SOCHAVA, V. B., SHOTSKY, V. P., BOOKS I. I.: «El ferrocarril de Baikal-Amur y su reconocimiento posterior». *Papeles del Instituto de Geografía de Siberia y del Lejano Oriente*, n.º 46, 1975, (en ruso).

18. TIMOFE YEV-RESSOVSKY, N. V.: «La unidad biocorológica elemental-la biogeocenosis», en TIMOFE YEV-RESSOVSKY, N. V., YABLOKOV, A. Y., GLOTOV N. V., *Estudios de población*, Moscú 1973 (en ruso).
19. *Topología de los sistemas de la Estepa*. Leningrado, 1970, (en ruso).
20. *Topología de los geosistemas*. Actas del simposium, Irkutsk 1971 (en ruso).
21. BEAUJEU GARNIER, J.: *La Géographie: méthodes et perspectives*, Paris 1971.
22. BERTALANFFY, L. VON.: *General Systems Theory*, New York 1973.
23. CHORLEY, R. J.: «The Role and Relations of Physical Geography», *Progress in Geography. International Reviews of Current Research*, London 1973, vol. 3.
24. CHORLEY, R. J., KENNEDY, B. A.: *Physical Geography. A Systems Approach*, London 1971.
25. *Ecosystems: Structure and Function*, Oregon 1972.
26. MITTELSTANDT, F. G.: Modellvorstellungen in der Geographie, *Wirtschaft Geographie*, 1974, B. 18, n.º 2.
27. ODUM, E. P.: *Fundamentals of Ecology*, Phyladelphia-London-Toronto, 1971.