

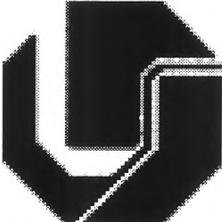
EL ENFOQUE SISTÉMICO DE LA GEOMORFOLOGÍA Y LOS PARADIGMAS DE LA PERCEPCIÓN REMOTA

- Por: Ing. Dr. Eliseo Popolizio
- Compaginación y diagramación: Ing. Eduardo Barrios – Paola Mónaco

**6º Simpósio Brasileiro de
Cartografia Geotécnica
e
Geoambiental**



**Uberlândia - MG
04 a 06 de junho de 2007**



**Universidade Federal
de Uberlândia**
www.ufu.br

EL ENFOQUE SISTÉMICO DE LA GEOMORFOLOGÍA Y LOS PARADIGMAS DE LA PERCEPCIÓN REMOTA.

Ing. Dr. Eliseo Popolizio
Centro de Geociencias Aplicadas, UNNE
Resistencia Argentina
e-mail epopolizio@ing.unne.edu.ar

Resumen

El trabajo analiza la influencia de los paradigmas que se emplean en la interpretación de imágenes sensoriales remotas y el empleo de los Sistemas de Información Geográfica en los resultados obtenidos. Especialmente se consideran el de la Síntesis analítica y el Sistémico, el Catastrofismo y el Uniformitarismo, dentro del marco de las Teorías General de Sistemas y de la Bio-Rexistasia. La enorme potencia de los recursos informáticos ha hecho olvidar, en algunos casos, que es el cerebro el cual interpreta o decide los procedimientos y algoritmos de interpretación, lo cual ya ocurrió cuando se introdujo la interpretación de las fotografías aéreas. Las conclusiones se basan en trabajos realizados en una superficie de más de 400.000 Km² de las llanuras argentinas, a lo largo de más de 30 años, por el autor y el personal del Centro de Geociencias Aplicadas de la UNNE y del Instituto Correntino del Agua.

Palabras claves: Fotointerpretación, SIG, Paradigmas, Geomorfología, Nordeste Argentino.

The Systemic Focus of the geomorphology and the paradigms of the remote perception

Abstract

The work analyzes the influence of the paradigms that are used in the interpretation of remote sensorial images and the employment of the Geographical Information Systems in the obtained results. Especially

we are considered that the analytic Synthesis and the Sistematic, the Catastrofismo and the Uniformitarismo, inside the mark of the General Theories of Systems and of the Bio-Rexistasia. The enormous power of the computer resources has made forget, in some cases, that it is the brain which interprets decides the procedures and interpretation algorithms, that which already happened when the interpretation of the air pictures was introduced.

The conclusions are based on works carried out in a surface of more than 400.000 Km² of the Argentinean plains, along more than 30 years, for the author and the personnel of the Centro de Geociencias Aplicadas de la UNNE and of Instituto Correntino del Agua

Key words: Photointerpretation, GIS, Paradigms, Geomorphology, Argentinean North-east.

Introducción

Este trabajo pretende destacar la importancia de los paradigmas que sustentan el proceso de interpretación mediante técnicas de percepción remota, ya que en última instancia lo fundamental del empleo de estas técnicas es re-conocer, es decir volver a conocer, el objeto en estudio, sin haber tenido contacto con él 8, 23, 25

El estudio de miles de fotografías aéreas, a lo largo de muchos años, con la correspondiente ejecución de over-lays y su comparación con los resultados de la interpretación de imágenes satelitarias y su procesamiento, nos ha permitido analizar los diferentes paradigmas a partir de los cuales se puede interpretar las imágenes.

La enorme potencia de los recursos informáticos ha hecho que, en algunos casos, se olvide que es el cerebro el cual interpreta o decide los procedimientos y algoritmos de interpretación, lo cual ya ocurrió cuando se introdujo la interpretación de las fotografías aéreas.

Los trabajos realizados abarcan una superficie de más de 400.000 Km² de las llanuras del noreste argentino, a lo largo de más de 30 años, por el autor y el personal del Centro de Geociencias Aplicadas de la UNNE y del Instituto Correntino del Agua 29.

El proceso de percepción

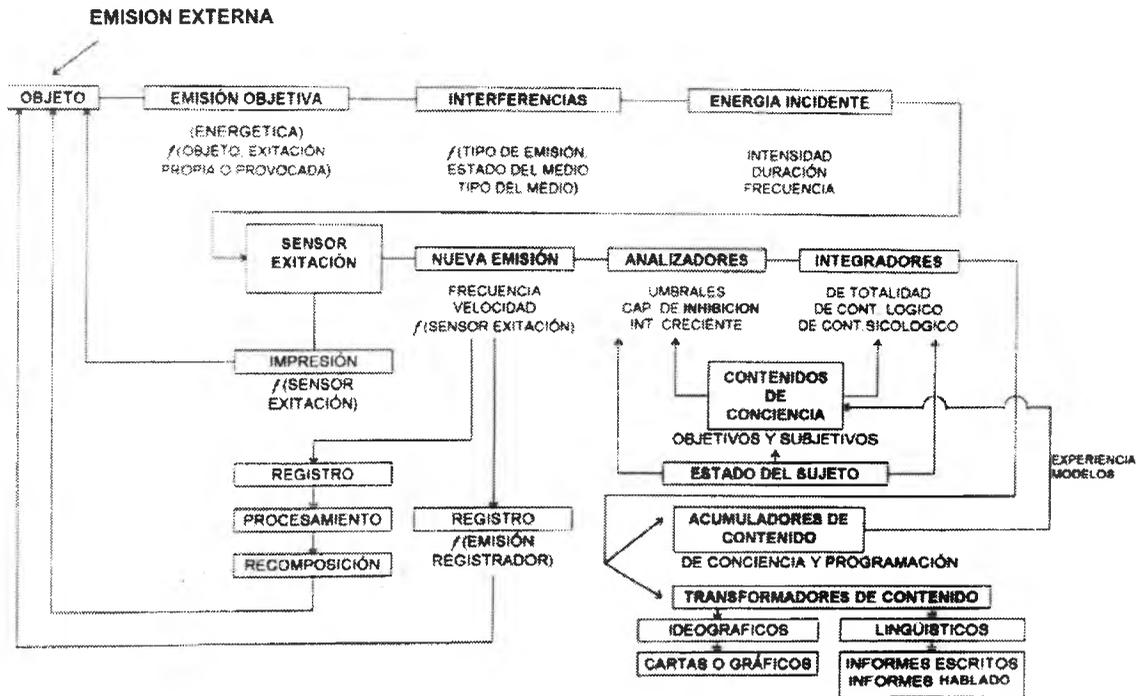


Fig. 1: Esquema de la Teoría de la Percepción.

En la Figura. 1 hemos esquematizado el proceso de la percepción remota, en el cual se puede observar que el objeto emite naturalmente o por activación una señal, que lleva información y se dirige hacia el ojo humano o hacia un sensor. Pero todos los resultados se convierte en un nuevo elemento de observación y por lo tanto, lo que realmente interesa es la actitud del intérprete, aun en el caso del procesamiento digital de imágenes 8, 23.

Si bien el cerebro analiza los atributos separadamente, solo reconoce aquello que integre una totalidad lógica y psicológica y responda a los paradigmas y experiencias culturales del observador, de manera que capta no solamente la suma de las partes sino la totalidad morfológica y funcional 28, 30.

Como síntesis, los resultados, incluyendo los obtenidos por clasificación automática, son interpretados o validados por el cerebro y éste se sustenta en paradigmas de relación entre el objeto y su re-representación. Esto también es válido para cualquier otra representación lingüística o ideográfica, por lo cual puede extender la validez de estas conclusiones a otros campos de las Geociencias.

Una serie de datos parciales pueden componerse en conjuntos diferentes y eso depende de los paradigmas que maneja el observador, tanto en el re-conocimiento como en la decisión sobre los algoritmos de procesamiento y clasificación; de allí que sea tan importante analizar dichos paradigmas para validar los resultados.

El paradigma de la síntesis analítica

Este paradigma supone que la totalidad puede obtenerse por la suma de las partes y en el campo de la Geografía ha sido utilizado muchas veces, especialmente en la Geografía Regional y en algunos programas universitarios de Grado 2, 7.

Las técnicas empleadas en los Sistemas de Información Geográfica 3, 7, 8, 25 están basadas en la superposición de Layers, o información sectorial, que muestran aspectos parciales de la realidad (Figura 2), independientemente de ellos se obtengan por procesamiento supervisado o no-supervisado 3, 7.

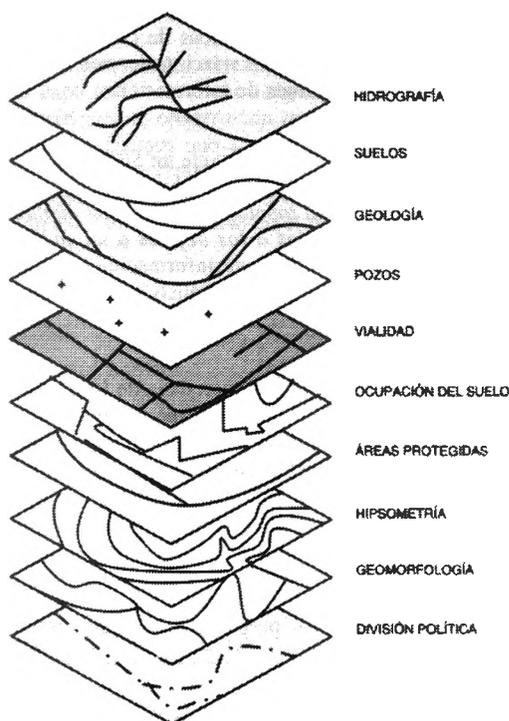


Fig. 2: Interpretación de la realidad con un paradigma lineal.

En muchos casos se analizaron las regiones geográficas de la misma manera, pretendiendo que se podía comprender la realidad observando verticalmente una serie de planos de información sectorial. Esta manera de enfocar las cosas es un paradigma, que implica necesaria y suficientemente que la causa origina el efecto, pero éste no tiene influencia en ella y por lo tanto se trata de un pensamiento lineal 13, 28

El cerebro realiza esta separación analítica y procesa en diferentes partes la información (Figura 3), pero su tarea no termina allí, ya que luego actúan mecanismos de integración y de contenidos lógicos y psicológicos, que dan el verdadero sentido a la información en base justamente a los contenidos de conciencia.

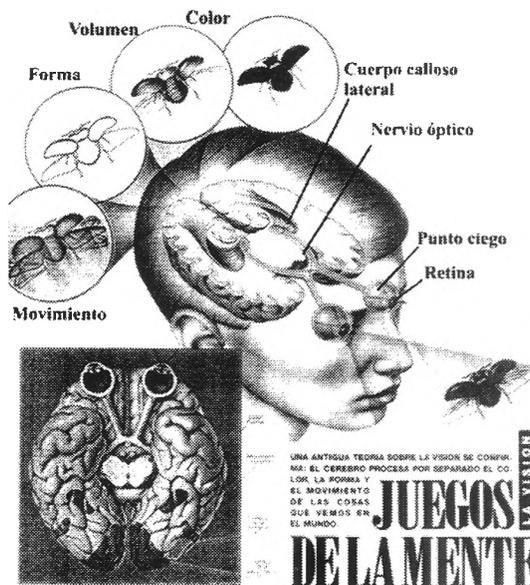


Fig. 3: El cerebro analiza la información por separado y la integra en una totalidad.

Este paradigma supone que el todo es la suma de las partes y desconoce que al dividir analíticamente el "todo", éste pierde algo esencial (que no está en ninguna de las partes) y que lo hace ser lo que es y actuar o comportarse conforme a su naturaleza. La pregunta es si la realidad funciona de esta manera y si la secuencia causalística sigue una línea recta 1, 4, 7, 14, 15, 30.

El paradigma sistémico

En la década del 30' un grupo de investigadores de diferentes disciplinas elaboraron la Teoría General de Sistemas, que se basa esencialmente en que "el todo es superior a la suma de las partes", de manera que la sumatoria, sin dejar de tener significación,

no alcanza para entender la totalidad. Otro de los aspectos de la Teoría se basa en el concepto de la retroalimentación (Feed

Back), es decir que el efecto está relacionado con la causa y ello implica que los sistemas tienen una especie de "memoria" y que existen relaciones circuitales entre los componentes 1, 4, 14, 15, 17, 18, 19.

Esto nos lleva al problema de que las imágenes son instantáneas, es decir un corte temporal, pero la realidad es un continuo y lo que nos parece presente es en realidad una suma de pasados. Es más, lo que observamos es en su mayoría heredado, antes que actual y lo que está ocurriendo en el hoy solo está por manifestarse en el futuro 13, 14, 20, 25, 30. Los gráficos siguientes intentan ejemplificar con el enfoque sistémico de la Geomorfología lo que estamos diciendo 18, 24.

En la figura 4 se ha representado la interpretación de la Geomorfología como un sistema controlado por tres universos o macrosistemas, que ingresan materia energía e información, poniendo en movimiento el sistema y dando como resultado las formas y procesos del relieve y que presentan procesos de retroalimentación, indicados con flechas con dos direcciones. De esta manera el Sistema Geomórfico es una función de transformación, que tiene tiempos de respuesta diferentes para cada caso en particular. En la figura 5 se representan los componentes, o subsistemas del Geomórfico, indicando que entre todos ellos existe retroalimentación con tiempos de respuesta diferentes 1, 4, 15, 18, 19, 20, 24.

Muchas de las grandes discusiones entre los especialistas de las ciencias vinculadas con la Geomorfología son el resultado de no tener en cuenta que los tiempos de respuestas no son los mismos, como se intenta graficar en la figura 6. Allí se puede observar que un ingreso externo desde el universo Climático, como una precipitación hace reaccionar casi inmediatamente al sistema hidrológico, que comienza a cambiar e influye en el biótico, el cual requiere más tiempo de respuesta y a su vez, por retroalimentación, actúa sobre el hidrológico y así sucesivamente. De esta manera hay un mensaje que marcha hacia el futuro y otros que vienen desde distintos pasados 18, 19, 20, 24.

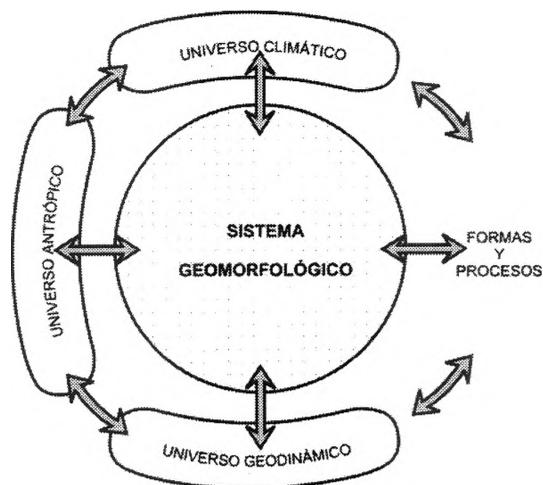


Fig. 4: Relación de la Geomorfología con los Universos Controlantes.

Esto significa que la vegetación que vemos en el presente, en parte, responde a condiciones morfoclimáticas anteriores, los suelos a otras más antiguas y la geomorfología a un pasado muy antiguo y mucho más la geología.

De manera que, lo que nos parece presente es en realidad una suma de pasados y por lo tanto, no es cierto que existe una relación causal absoluta entre todos los sistemas mencionados y por lo tanto, que el paradigma de la superposición adolece de un fuerte error epistemológico 2, 3, 7, 13, 15, 21 y puede llevar a conclusiones falsas. Lo expuesto significa que para interpretar el paisaje y su funcionamiento se necesita considerar las condiciones paleogeomórficas y paleoambientales.

En este punto se hace necesario rever los paradigmas Catastrofístico y Determinístico, como lo hemos hecho en un trabajo anterior 21 Ellos no son opuestos, como frecuentemente se piensa, sino que constituyen las dos caras de la realidad. Mientras un sistema oscile entre los umbrales de percepción y de irreversibilidad, los cambios son muy lentos y se encuentra en una etapa determinística, es decir que vale el paradigma

Uniformitarista; las variaciones de los parámetros externos son compensadas por los mecanismos homeostáticos del propio sistema y la etapa corresponde a la Biostasia 9, 18, 19, 24.

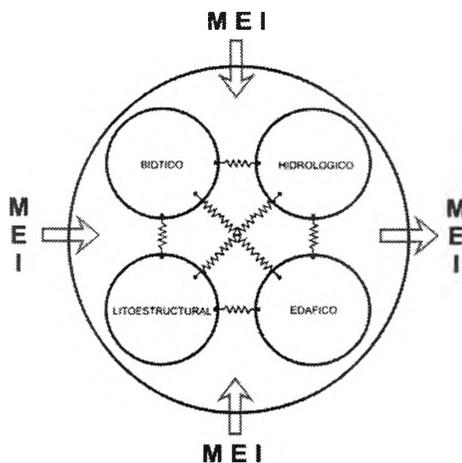


Fig. 5: Subsistema del sistema morfológico.

Si la influencia externa lleva al sistema por arriba de su umbral de equilibrio, el comportamiento se vuelve impredecible y se inicia una etapa estocástica de amplias oscilaciones, con enorme gasto energético hasta que el sistema, si no se destruye o se paraliza, entra en un nuevo equilibrio, diferente al anterior pero, nuevamente, determinístico. Esta etapa corresponde a la Rexistasia y vale el paradigma Catastrofístico 21. (Figuras 7 y 8)

En el nordeste argentino, desde el Terciario superior hasta la actualidad, los cambios climáticos se han producido en periodos muy cortos, de transición (rexiásticos) de un sistema de modelado a otro y durante estos, tuvieron lugar las más grandes transformaciones del relieve, que además estuvieron asociadas con factores tectónicos 6, 10, 11, 12, 16, 22

Un ejemplo en la interpretación de la llanura argentina

Para concluir y resumir este trabajo, nos pareció oportuno presentar un ejemplo de empleo de métodos de percepción remota, en diferentes etapas y a lo largo de muchos años, de un sector de la llanura Chaqueña. Se trata de un área situada en el norte

del país, abarcando parte de las provincias de Chaco, Santa fe y del oeste del Paraguay 26, 27, 29

Frecuentemente, este gran espacio geográfico ha sido descrito como una suave planicie que desciende suavemente hacia el eje formado por los ríos Paraná y Paraguay, sin que exista ningún relieve que impida el libre desplazamiento de las masas de aire provenientes del NE, SW y SE. De manera que, las condiciones climáticas medias siguen un suave gradiente sur-norte, en cuanto a las temperaturas y oeste-este, en cuanto a las precipitaciones

Si las cosas ocurrieran como suponría el paradigma analítico, el paisaje chaqueño sería el de una suave planicie inclinada hacia el eje Paraná-Paraguay, cubierta por una vegetación homogénea que variaría gradualmente hacia el oeste y hacia el norte, y lo mismo ocurriría con los suelos, acompañando los gradientes pluviométricos pasando hacia la semiaridez por el oeste y hacia las selvas subtropicales por el norte. La red de drenaje sería dendrítica convergente, con cuencas paralelas hacia los grandes colectores fluviales.

Nada más opuesto a las condiciones actuales, como lo hemos expuesto en numerosos trabajos y ello se debe a que las formas del relieve, los suelos y la vegetación responden, en ese orden, cada vez más a condiciones paleoclimáticas y paleomorfogenéticas diferentes a las actuales. En efecto, esas condiciones han variado muchas veces durante el Cuaternario pasando de semidesérticas a hiperhúmedas 10, 11, 12, 22

El paleomodelo eólico (dunas, cordones eólico, depresiones salinas, etc.) y el hídrico (gigantescos paleoconoides de deyección, uadis, etc) apenas si está siendo retrabajado por los procesos morfoclimáticos actuales, y solamente existe la tendencia a lograr lo expuesto anteriormente, cuando se logre el equilibrio 26, 27.

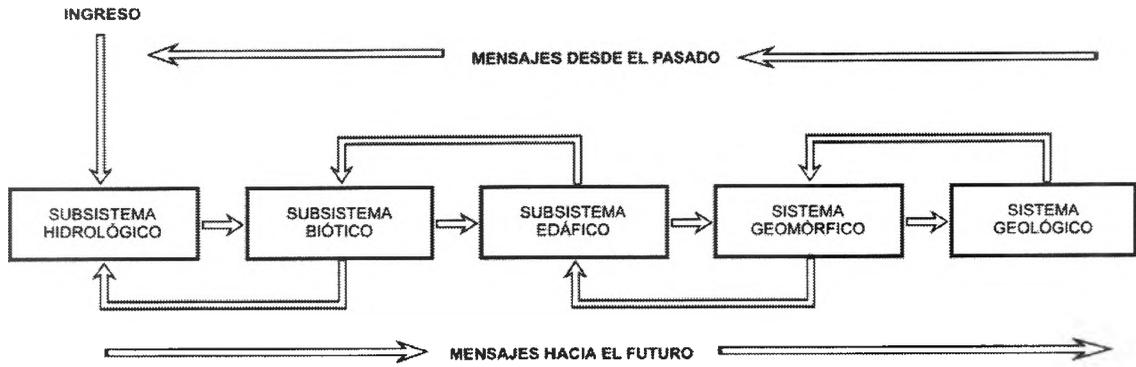


Fig. 6: Procesos de retroalimentación entre subsistema y sistema.

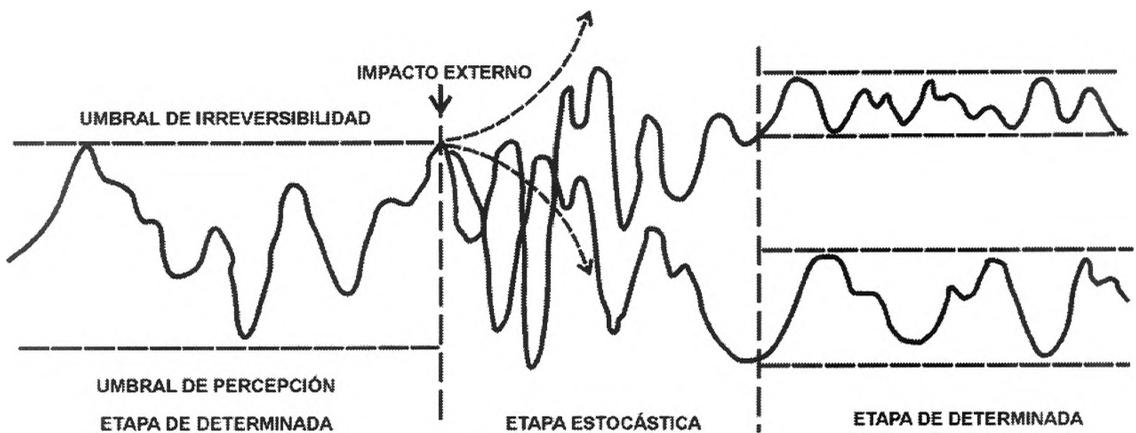


Fig. 7: Comportamiento de un sistema bajo una acción externa que lo haga superar el umbral de irreversibilidad.

Las figuras 9, 10, 11 y 12 esquematizan diferentes aspectos del paisaje de un sector del área mencionada, donde se puede apreciar la gran variedad de formas, fisonomías vegetales y modelos hidrográficos. La figura 13, corresponde a una fotografía aérea donde se puede observar que las fisonomías de monte se desarrollaron sobre antiguos cordones eólicos orientados hacia el NE que hoy apenas si sobresalen de la planicie. Entre ellos se desarrollaron sabanas pirógenas, que fueron las primeras en ser ocupadas por la agricultura, de manera que el parcelamiento respondió inicialmente a las condi-

ciones paleogeomorfológicas generadas bajo un clima semiárido (Figura 14) 26, 27.

El área fue recorrida, en las condiciones antiguas de aridez, por wadis terminales de un enorme abanico aluvial del río Salado del Norte 5, 10, 11, 12, 22. Actualmente, dentro de la cobertura del bosque chaqueño, el proceso de ocupación se dio siguiendo dichos paleovalles o wadis, debido a la existencia de agua dulce en el subálveo. Por ello el modelo de ocupación muestra un diseño serpenteante, como puede apreciarse en la figura 15 27.

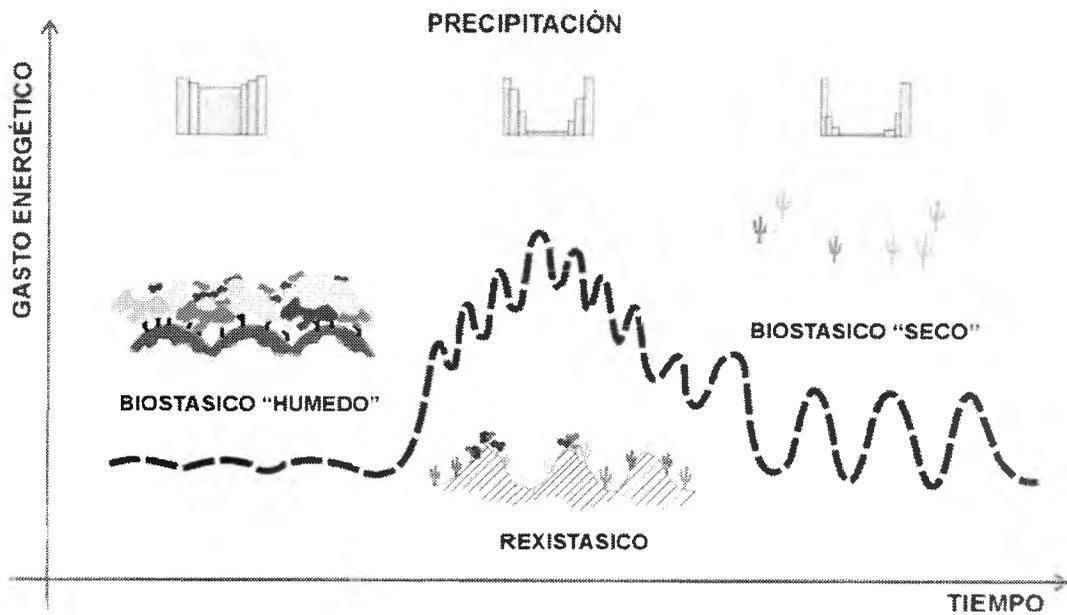


Fig. 8: Esquema de la Teoría de la Bio – Rexistasia aplicada a la Geomorfología, indicando en trazos el gasto energético del sistema.

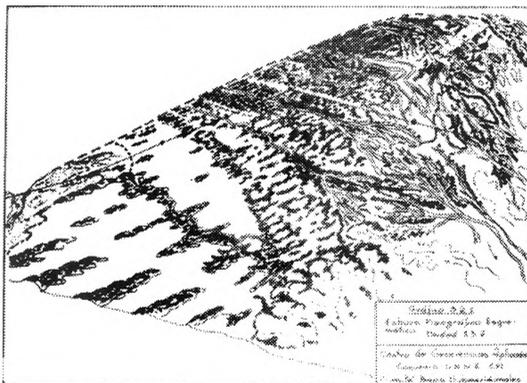


Fig. 9: Esquema de las formaciones boscosas del Dorso Central del Chaco.

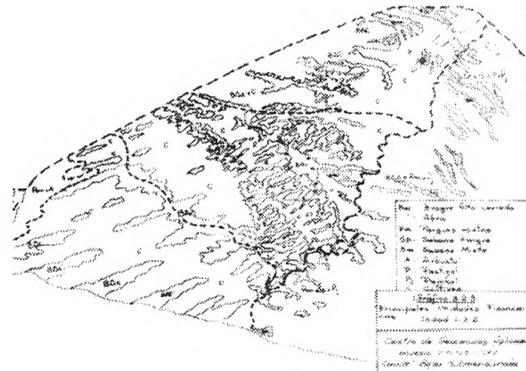


Fig. 11: Esquema de las principales fisonomía del Dorso Central del Chaco.

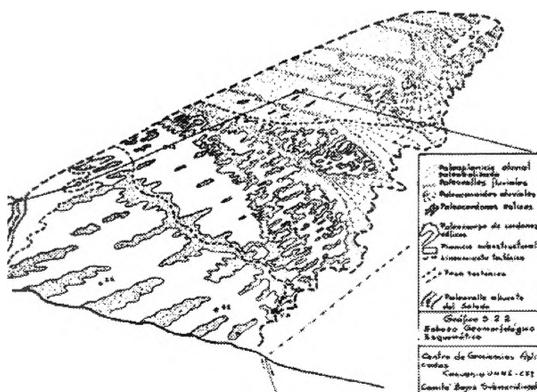


Fig. 10: Esquema Geomorfológico del Dorso Central del chaco.

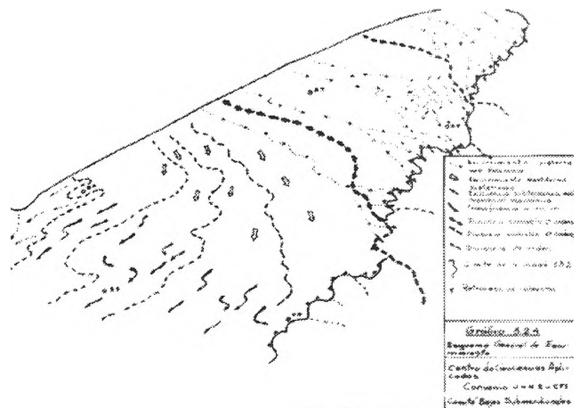


Fig. 12: Esquema del escurrimiento en el Dorso Central del Chaco.



Fig. 13: Fotografía aérea en el oeste de la provincia del Chaco, donde se observan las fisonomías de bosques sobre antiguos paleocordones eólicos y las planicies embutidas ocupadas por la agricultura.

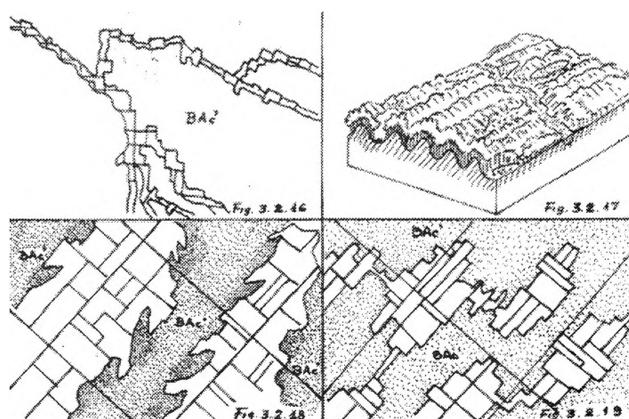


Fig. 14: Esquema de la ocupación agrícola en el Dorso occidental Chaqueño. En la parte superior el desarrollo sobre antiguos wadis, y en la inferior en las planicies embutidas entre los paleocordones eólicos.

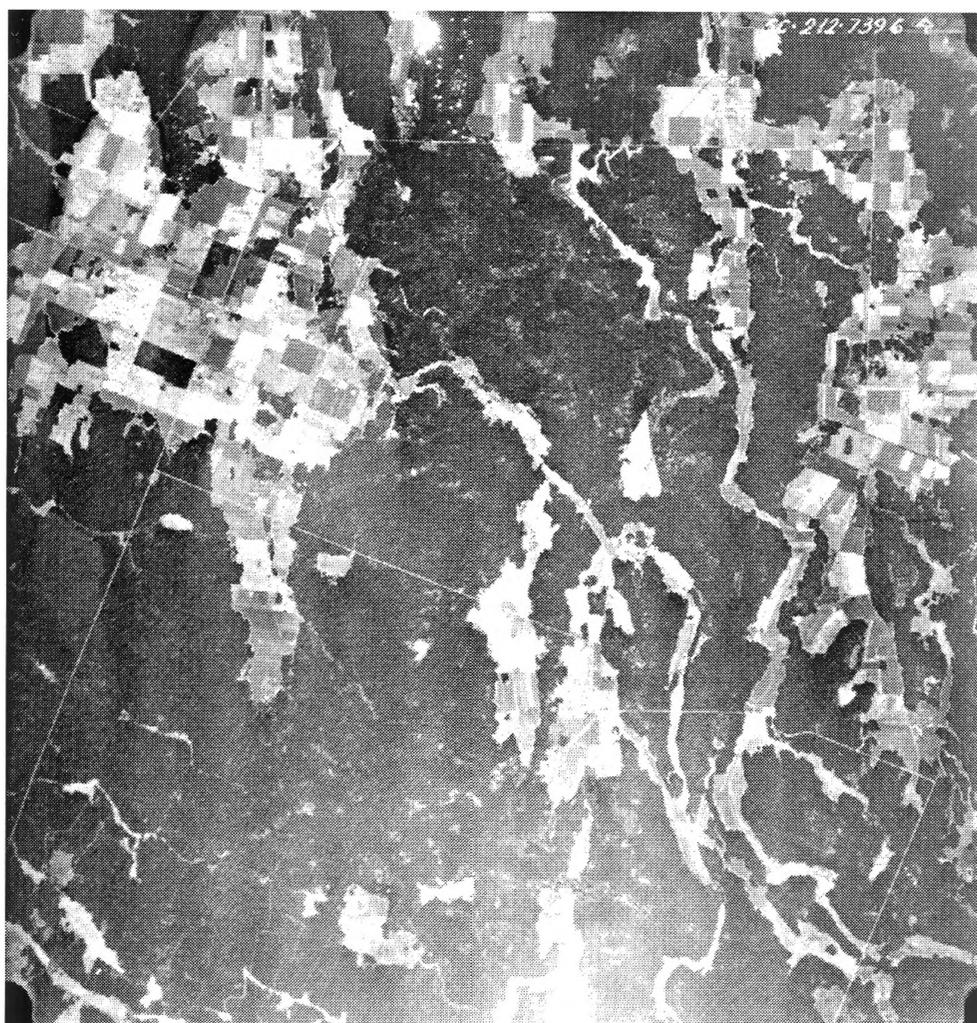


Fig. 15: Fotografía aérea en el oeste de la provincia del Chaco, donde se observan los antiguos wadis ocupados por la actividad agrícola, en medio de las fisonomías boscosas

Conclusiones

Consideramos que lo expuesto valida el empleo de la Teoría de Sistemas y la Bio-Rexistasia, no solamente en la interpretación de los resultados de las técnicas sensoriales remotas, a fin de no establecer relaciones causales equívocas, sino y especialmente para el estudio de la tendencia de los procesos, indispensable para los modelos prospectivos y el ordenamiento del territorio.

También creemos que este paradigma revaloriza la Geografía y su visión holística de la realidad 19, 20, 24, 28, siendo la interacción dinámica entre el universo natural (o sistema de sustentación) y el antrópico, cuyo estudio

ha sido invadido por otros especialistas, tal vez a causa del divorcio entre una Geografía Física y otra Humana en que han caído algunos geógrafos, tal vez por no conocer suficientemente bien las relaciones entre ambos universos, que de ninguna manera es determinista pero que condiciona las actividades humanas y la organización espacial, o al menos debería hacerlo.

Finalmente, la experiencia de tantos años indica que debería pensarse seriamente en la forma de enseñar las técnicas sensoriales remotas dentro de un marco conceptual yepistemológico fundamentalmente geográfico.

El desarrollo acelerado de nuevas tecnologías y algoritmos para la interpretación sensorial remota, debe ir acompañado con el empleo de paradigmas que aseguren

que los resultados re-presenten la realidad y su funcionamiento.■

Bibliografía

- Ashby, W. R.; 1958. "General System Theory as a new Discipline." *General Systems Yearbook*, 3:1, 1,16
- Associação dos Geógrafos Brasileiros; 2002. "Paradigmas da Geografia. Parte II." Ed. Terra livre Nº 17. São Paulo, Brasil.
- Barredo, J. I.; 1996. "Sistema de Información Geográfica y evaluación multicriterio de la ordenación del territorio." Edit. Rama, Madrid, España.
- Bertalanffy, L. Von, Ashby, W. R., Weimberg, G. M. y otros; 1978. "Tendencias en la Teoría General de Sistemas." Ed. Alianza. Madrid. 323 pp.
- Castellanos, A., 1922. "Algunos aspectos geográficos de los afluentes santafesinos del río Paraná." *Bol. de la Filial Rosario de la Soc. Argentina de Estudios Geográficos. GÆA. Rosario.*
- Castellanos, A., 1973. "Estratigrafía y génesis de los valles fluviales en los bloques tectónicos pampeanos. La vida orgánica a través de los últimos tiempos geológicos en cada uno de los bloques.", UNR, Instituto de Fisiografía. Serie A Nº 4, Rosario.
- Chorley, R. J., Haggett, P., 1975. "Modelos físicos e de informação en Geografia." Editora da Universidade de Sao Paulo. 260pp. Rio de Janeiro
- 08) Chuvieco, E.; 1990. "Fundamentos de teledetección espacial." Ediciones Rialp, Madrid. España.
- Erhard, H.; 1967. "La genèse des sols en tant que phénomène géologique Esquisse d'une théorie geologique et géochimique Biostasie et Rhexistasie." Col. Evolution des Sciences Masson et Cie. Paris.
- Iriondo, M. H., 1999. "Climatic changes in south American plains: Records of a continent-scale oscillation." *Quaternary International*. 57/58 93:112.
- Iriondo, M. H. – García, N. O., 1993.
- "Climatic variations in the Argentine plains during the last 18.000 years." *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 101: 209-220. Elsevier Sc. Publ. Amsterdam.
- Iriondo, M. H. – Kröhling, D. M., 1995. "El sistema eólico pampeano." *Comunicaciones (Nueva Serie) 5 (1) del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino", Santa Fe, Argentina.*
- 13) Losse, J.; 1997. "Introducción histórica a la filosofía de la ciencia." Alianza Universidad Madrid 6ta reimpression.
- Messenger, J. B.; 1980. "Nervos, cerebro e comportamento." *Temas de Biología*, Vol. 22. Ed. Pedagógica e Universitaria Ltda. Sao Paulo. 73 pp.

- Odum, H. T.; 1980. "Ambiente, energía y sociedad." Editorial Blume. Barcelona. 409 pp.
- Popolizio, E.; 1972. "Geomorfología del relieve de plataforma de la provincia de Misiones y zonas aledañas." An. De la Soc. Arg. De Estudios Geográficos, T. XV Cap. I y IV pp. 17 a 84. Bs. As.
- Popolizio, E.; 1982. "Enfoque sistémico de la geomorfología aplicada a la ingeniería." Actas Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, vol. 2, 181-194. Bs. As.
- Popolizio, E.; 1983. "Teoría General de Sistemas Aplicada a la Geomorfología." Geociencias XI. Centro de Geociencias Aplicadas. UNNE. N° 11. pp. 1-18. Resistencia, Chaco.
- Popolizio, E.; 1987. "El enfoque sistémico de la enseñanza de la Geografía." Boletín de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. GÆA, N° 106, pp. 3-10, Bs. As.
- 20) Popolizio, E.; 1996. "La Teoría de Sistemas como lenguaje interdisciplinario." An. Jornadas Interdisciplinarias orientadas hacia las Humanidades. Córdoba. UNC.
- Popolizio, E.; 2000. "Uniformitarismo o catastrofismo en la Geomorfología del NEA." Soc. Argentina de Estudios Geográficos GÆA. Tomo 21 An. Homenaje al Dr. Raúl Rey Balmaceda. Buenos Aires.
- Popolizio, E.; 2003. "El Paraná, un río y su historia geomorfológica." Tesis doctoral en la Fac. de Filosofía y Letras. Universidad del Salvador. Bs. As.
- 23) Popolizio, E.; 2006. "Fotointerpretación. Apuntes de Cátedra. Bolilla 1." Departamento de Geociencias. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Nordeste. Inédito.
- Popolizio, E.; 2006. "La enseñanza de la Geografía desde la Teoría General de Sistemas." XVI Encuentro Nac. de Profesores de Geografía. XVI Encuentro Nac. de Metodología en Enseñanza de la Geografía. III Jornadas Regionales de Geografía y Turismo. 18, 19 y 20 de Noviembre. Rosario, Santa Fe.
- Popolizio, E.; canoba, c.; 1986. "A remote sensing methodological approach for applied geomorphology mapping in plain areas." 7th International Symposium on remote sensing for Resources Development. Environmental Management. A. A. Balkema - Enschede.
- Popolizio, E.; Serra, P.; Hortt, G.; 1978. "Bajos Submeridionales. Grandes Unidades taxonómicas de Santa Fe.", Centro de Geociencias Aplicadas, UNNE, Serie C Investigación, Tomo VII, Resistencia, Chaco.
- Popolizio, E.; Serra, P.; Hortt, G.; 1980. "Bajos Submeridionales. Grandes unidades taxonómicas del Chaco." Centro de Geociencias Aplicadas UNNE Serie C Investigación Tomo 3 Resistencia Chaco.
- Rodríguez Moyses, A.; 1998. "Epistemología e construção da Geografia hoje." Geosul V. 13 N° 25 Ed. da UFSC. Florianópolis, Brasil.
- Serra, P. Y.; 1982. "Aporte al conocimiento de los trabajos de fotointerpretación realizados en el NEA." Geociencias X. Centro de Geociencias Aplicadas. UNNE, Resistencia, Chaco.
- Wieser, W.; 1962. "Organismos, estructuras y máquinas." EUDEBA. 2° Ed. 128 pp. Bs. As.