

# ANÁLISIS DE LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL, A TRAVÉS DE SU HOMOGENEIDAD MULTIVARIADA. EJEMPLOS DE APLICACIÓN

## ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL COMPLEXITY, THROUGH MULTIVARIATE HOMOGENEITY. EXAMPLES OF APPLICATION

<sup>1</sup>Edgar Jaimes, <sup>2</sup>Neida Pineda, <sup>3</sup>José Mendoza y <sup>2</sup>Yolimar Garcés

<sup>1</sup> Proyecto Becas Prometeo-SENESCYT. Docente-Investigador vinculado a la Unidad Académica de Ingeniería Agronómica, Minas, Veterinaria y Ecología. Universidad Católica de Cuenca (UCACUE). Ecuador. Universidad de Los Andes (ULA). Venezuela. Coordinador del Grupo de Investigación de Suelos y Aguas (GISA). Trujillo, Venezuela. E-mail: jaimes@ula.ve / <sup>2</sup> Universidad de Los Andes (ULA), Núcleo Universitario Rafael Rangel (NURR), Grupo de Investigación de Suelos y Aguas (GISA), Avenida Isaías Medina Angarita, Sector Carmona, Trujillo, Venezuela. E-mail: pineida@ula.ve, jgendoz@ula.ve, yoligarv@hotmail.com

### Resumen

El estudio de la variabilidad espacial de los atributos que caracterizan a los ecosistemas representa una condición necesaria para reconocer el alcance geográfico hasta donde varían tales atributos, según la frecuencia de ocurrencia espontánea de los flujos de intercambio de materia, energía e información dentro del sistema y entre éste y el ambiente circundante. Una forma de conocer esta variabilidad es a través del Índice de Homogeneidad Múltiple (IHM), definido como un parámetro que representa la homogeneidad de un sistema a partir del estudio y procesamiento simultáneo de información proveniente de un conjunto de características del ecosistema y del ambiente circundante, incluyendo atributos del suelo, del paisaje y del clima. De esta forma el IHM constituye una metodología de análisis global de la homogeneidad múltiple vinculada con dichos sistemas, permitiendo a la vez determinar las características que tienen mayor o menor aporte a dicha homogeneidad. El objetivo de esta revisión, es presentar las aplicaciones más relevantes del IHM, en el análisis de la homogeneidad implícita en la pedogénesis de un sitio dado; en la uniformidad de las series de suelos como unidad taxonómica y cartográfica; en los sistemas pedogeomorfológicos (SPG) desarrollados en laderas montañosas y en el estudio de la variabilidad de los elementos climáticos. Con base en esta revisión, se pudo comprobar la validez del IHM como herramienta metodológica para realizar el análisis de la complejidad ambiental como un todo, incluyendo la de los subsistemas que lo conforman.

**Palabras clave:** Complejidad; pedogénesis; ecosistema; mesoclima, paisaje.

### Abstract

The study of attributes spatial variability that characterize ecosystem represents a necessary condition to recognize geographic scope to vary such attributes, according to frequency of spontaneous occurrence of matter, energy and information flows within the system and between it and surrounding environment. To understand this variability is through Index of Multiple Homogeneity (IMH), defined as a parameter that represents the homogeneity of a system from study and simultaneous processing of information from a set characteristic of ecosystem and environment, including soil, landscape, and climate attributes, is one way. IMH constitutes a global analysis methodology of multiple uniformity linked to these systems, allowing at same time determine characteristics that have greater or lesser contribution to this homogeneity. The objective of this review is presenting most relevant applications of IMH, in analysis of homogeneity implicit in pedogenesis of a given site; in uniformity of soil series as taxonomic and cartographic unit; in pedogeomorphologies systems (SPG) developed in mountain slopes and in study of climatic elements variability. Based on this review, the validity of IMH as a methodological tool for analysis of environmental complexity as a whole, including the subsystems comprising it, was verify.

**Key words:** Complexity; pedogenesis; ecosystem; mesoclimate; landscape

**Recibido:** 22-05-2015 / **Aprobado:** 15-09-2015

## Introducción

Se entiende por Sistema Complejo (SC) aquellas unidades físicas formadas por una diversidad de componentes individuales que interactúan entre sí y que pueden modificar sus estados internos como producto de tales interacciones. Los SC pueden ser estructuralmente simples, aunque tal simplicidad no impide que reciban comportamientos dinámicos diversos. Estos sistemas pueden situarse en regímenes críticos caracterizados por la presencia de fluctuaciones espaciales y temporales en todas las escalas posibles; se habla entonces de un proceso autoorganizado (Morin, 1994; citado por Barberousse, 2008))

Con base en esta definición, Leff (2004) conceptualiza un SC, en términos ecosistémicos o ambientales, como cualquier parte de la naturaleza en la que su origen, dinámica, conformación y desarrollo confluyen múltiples factores y procesos cuyas interrelaciones determinan no solo su heterogeneidad estructural, derivada de su composición, sino también por la mutua dependencia de las funciones que cumplen cada uno de los elementos o subsistemas que lo conforman. Esta cualidad excluye la posibilidad de obtener un análisis de un sistema complejo por la simple adición de estudios específicos de cada elemento constitutivo ya que estos emergen espontáneamente como un proceso colectivo y no pueden ser reducidas ni explicadas tomando aisladamente los elementos constituyentes.

El Índice de Homogeneidad Múltiple (IHM) es una función que permite evaluar el grado de complejidad global del sistema y sus tendencias a evolucionar o a permanecer estable (Jaimes, 1988). Entre las aplicaciones del Índice de Homogeneidad Múltiple (IHM) están: a) la delimitación de áreas homogéneas para el cultivo de la uva (Gómez, 1990); b) la definición de unidades cartográficas de alta homogeneidad (Elizalde, 1997); c) la determinación de la homogeneidad de series de suelos (Larreal, 2011) y d) la definición

de tipos de suelos en forma sencilla (Pineda, 1998). Por su parte, Jaimes y col. (1992); Oballos (1995); Ochoa y col. (2000); Ochoa y Oballos (2002) y Flores y col. (2007), utilizaron el IHM para analizar la pedogénesis en diversas secuencias de suelos. Pineda y col. (2008) lo utilizaron para determinar la relación entre la homogeneidad de los Sistemas Pedogeomorfológicos (SPG) y su entorno litoestratigráfico y zonas de vida en la microcuenca Monaquito, estado Trujillo, Venezuela.

El objetivo de este trabajo es presentar algunas aplicaciones del IHM, con la finalidad de análisis de la homogeneidad implícita en los factores-procesos que determinan la pedogénesis de un determinado sitio; en los atributos morfológicos y fisico-químicos que caracterizan la uniformidad de las Series de Suelo como unidad taxonómica y cartográfica; en los SPG desarrollados en laderas montañosas y en el estudio de los mesoclimas de Venezuela.

## ¿Cuál es el significado de la Complejidad Natural?

Según Da Conceição de Almeida (2008), la complejidad es la creación de la mente humana con respecto a sí mismo y a su entorno, incluyendo todos los elementos desde el más simple hasta el universo, con la finalidad de conocer, predecir, manipular, ordenar, administrar, controlar y muchas otras cosas que se le pueda ocurrir o necesitar del mismo, pero que debe entenderlo con carácter integral impredecible e indisociable, incluyéndose a sí mismo con doble participación: 1) como elemento dinámico del mismo sistema y 2) como quien desea conocer toda la información que llega y se transforma en un sistema complejo, así como sus relaciones, su desarrollo y futuro devenir; que en la realidad es imposible.

Para comprender el alcance infinito de la complejidad de lo uno y de la totalidad, Da Conceição de Almeida (2008) puntualizó una serie de argumentos, entre los cuales se

destacan los siguientes:

- Lo complejo siempre hace referencia al conjunto de elementos heterogéneos inseparablemente asociados que presentan la relación paradójica entre lo uno y lo múltiple;

- Lo complejo admite la incertidumbre, de allí que sea imprevisible.

- Lo complejo es indeterminado, no lineal y metaestable.

- Lo complejo se construye y se mantiene por la autoorganización, propiedad por la cual algunos sistemas tratan internamente su información, reordenándola y transformándola en nuevos patrones de organización.

- Lo complejo está marcado por lo inconcluso o inacabado, ya que siempre está en evolución, alteración o mutación.

- Lo complejo es simultáneamente dependiente y autónomo, necesitando de un contexto o de un entorno, pero se organiza a partir de sí mismo.

- Lo complejo supone, expresa o conduce a propiedades o procesos emergentes.

- Lo complejo está signado por las fluctuaciones, que producen bifurcaciones en su tránsito evolutivo, por lo que siempre estará alejado del equilibrio.

De acuerdo con las Ideas-Fuerza contenidas en los argumentos previamente indicados, es obvio que los sistemas naturales como el suelo, el paisaje de suelos, el clima, el ecosistema y el ambiente que los envuelve son Sistemas Complejos. En efecto, el Sistemapedo-Geomorfológico (SPG), constituido por los subsistemas suelo y paisaje de suelos, fue definido por Elizalde y Jaimes (1989) como un componente del sistema ecológico conformado por subsistemas (suelo, regolito, sedimento, roca e hidrológico) en interrelación con su ambiente, formado por la atmósfera, la biosfera y otros SPG vecinos. La interface sólido-líquido-gas-biota que caracteriza al sistema pedogeomorfológico,

a través de la cual tiene lugar el intercambio de materia, energía e información dentro y entre ecosistemas; puede ser tan pequeña como la superficie de un pedón o polipedón (Dijkerman, 1974; Smeck y col., 1983) o tan grande como la superficie de todo el planeta (Elizalde y Jaimes, 1989).

### **Definición del Índice de Homogeneidad Múltiple (IHM)**

Dada la complejidad de los SPG, Jaimes (1988) definió el Índice de Homogeneidad Múltiple (IHM) como un parámetro de la homogeneidad intrínseca de un sistema caracterizado por variables complejas. Según Jaimes y Elizalde (1991), tal valor permite establecer comparaciones con la finalidad de estudiar la estructura, el funcionamiento, la evolución, la estabilidad y la variabilidad espacial de dichos atributos dentro del sistema y de éste con relación a otros sistemas, incluyendo la totalidad del ambiente circundante.

El IHM se define como el producto acumulado de los valores propios ( $\lambda_j \geq 1,000$ ). Para este cálculo se multiplica el primer valor propio por el segundo ( $\lambda_1 \times \lambda_2$ ) y el producto obtenido se multiplica por el tercero y así sucesivamente hasta utilizar todos los  $\lambda_j \geq 1,000$  (Jaimes y Elizalde, 1991). El IHM expresa el grado de pureza o similitud de sus componentes menores o atributos más simples; mientras mayor sea su valor, mayor es la homogeneidad múltiple del sistema. Algebraicamente se representa así:

$$IHM = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3 \times \dots \times \lambda_{m-1} \times \lambda_m \quad (1)$$

Una generalización de la Ec. 1 fue presentada por Jaimes (1988) como:

$$IHM = \prod_{i=j}^m \lambda_i \quad (2)$$

Donde:

$\prod$  representa el producto acumulado de los valores de  $\lambda_j$

$\lambda_j$  es valor propio del j-ésimo componente principal de magnitud  $\geq 1,0000$

m es el número de componentes principales.

### **Estado del arte sobre las principales aplicaciones del IHM**

Como técnica de análisis multivariado, Jaimes y Matherano (1996) aplicaron el IHM para evaluar la homogeneidad de dos áreas muestras ubicadas en la subcuenca del río Castán, en el estado Trujillo, Venezuela. También fue utilizado por Jaimes y Arellano (1998) como método de estudio para comprobar que existe una relación directa y consistente entre la producción de biomasa aérea seca y la homogeneidad edáfica, asociada con las características físicas y químicas del epipedón.

Otras aplicaciones más recientes han sido realizadas, resaltando las siguientes: 1. El estudio de la génesis de suelo (Jaimes y col., 2005); 2. El análisis de los SPG desarrollados en laderas montañosas (Pineda y col., 2012); 3. La homogeneidad físico-química de Series de Suelo (Larreal y col., 2014); y 4. Aplicaciones del IHM en el estudio de la variabilidad de los elementos climáticos en Venezuela (Pineda y col., 2006). Un análisis detallado de estas aplicaciones se indica a continuación:

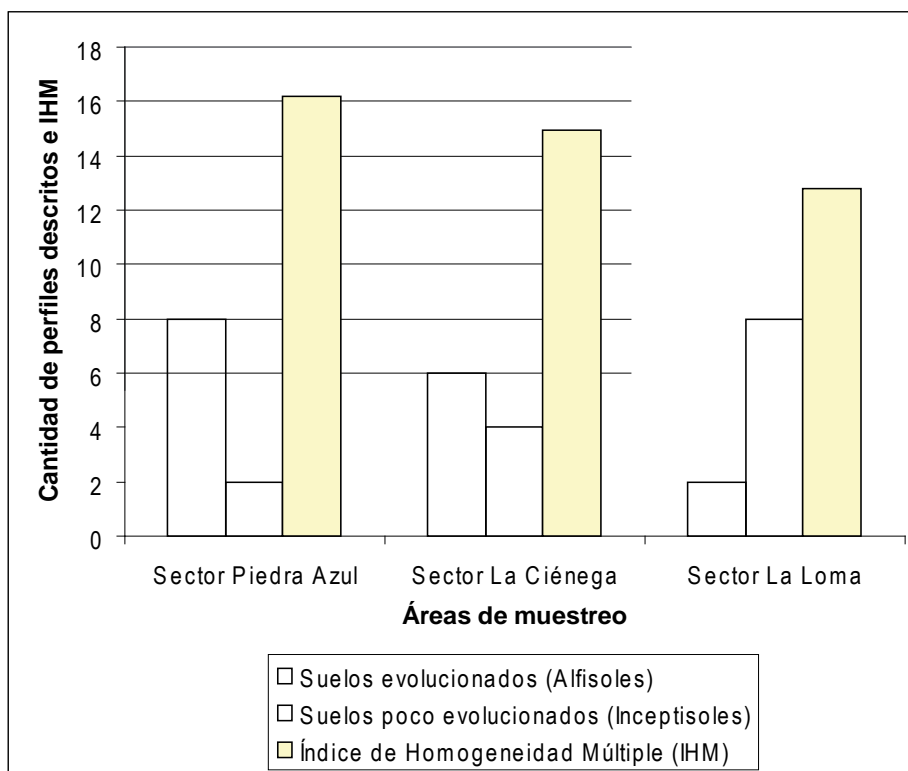
#### **1. Análisis de la homogeneidad pedogenética.**

En la Figura 1 se muestra la relación existente entre el IHM y el grado de evolución de los suelos analizados en tres áreas muestras localizadas en la parte media-baja de la subcuenca del río Carache, estado Trujillo, Venezuela. La mayor homogeneidad de los suelos ubicados en las áreas de Piedra Azul y La Ciénega está relacionada al predominio de suelos evolucionados (Alfisoles), a diferencia del sector La Loma, en la cual se incrementa el número de suelos con poca evolución pedológica (Inceptisoles). Parece obvio que los suelos poco evolucionados son, en términos generales, más cambiantes o variables por ser más inestables (Jaimes y col., 2005)

Considerando los resultados antes discutidos, se confirma la hipótesis formulada por Jaimes (1988), según la cual los cambios que siguen los suelos durante su evolución están en función de las de las ganancias, transformaciones y pérdidas de la materia, la energía y la información dentro del sistema, y desde y hacia el exterior del mismo; es decir, que en la medida en que un suelo exhiba mayor desarrollo pedogenético tendrá un balance de intercambio energético que se aproximará a un estado de equilibrio morfopedológico, caracterizado por el predominio de los procesos de transformación y un balance entre las ganancias y las pérdidas, el cual es evidente en el área de Piedra Azul, menor en el área de La Ciénega, manifestándose un mayor desequilibrio o inestabilidad en el área de La Loma. Según Ibáñez y col. (1990), el estado de equilibrio implica un aumento en la entropía del suelo o del sistema. De acuerdo con esta premisa, se estima que entre las tres áreas muestras estudiadas, la de mayor entropía es Piedra Azul. Desde esta perspectiva, el IHM propuesto por Jaimes (1988) es una función proporcional al valor de la entropía propia del sistema, cuestión que fue observada por Ochoa y Oballos (2002), quienes determinaron que los valores del IHM tienden a ser más elevados en los suelos evolucionados (Últisoles y Óxisoles) que en los poco evolucionados (Entisoles e Inceptisoles), tendencia que ha sido verificada y validada con los resultados antes discutidos.

#### **2. Homogeneidad en SPG localizados en laderas montañosas.**

Pineda y col. (2012), con base en la caracterización fisiográfica y morfológica de terrenos de uso agrícola localizados en zonas de ladera de alta montaña, determinaron la homogeneidad pedogeomorfológica en dos sectores de la subcuenca Alto Motatán, municipio Miranda, estado Mérida, Venezuela. En efecto, en la Figura 2 se muestran los histogramas de homogeneidad, considerando en primer término las características fisiográficas de los perfiles de suelo agrupados

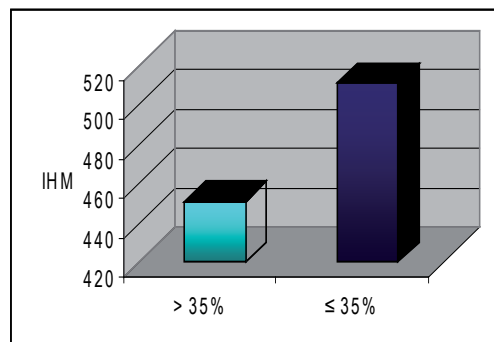


**Figura 1. Relación entre el IHM y la pedogénesis en tres áreas muestras de la cuenca del río Motatán, estado Trujillo, Venezuela. Fuente: Jaimes y col. (2005).**

de acuerdo a su pendiente media (Figura 2-1), observándose que los mayores valores de IHM estuvieron más relacionados con los terrenos que exhiben pendientes menores al 35%. Este resultado permite destacar la notable influencia que ejercen en la homogeneidad pedogeomorfológica las características morfológicas de los suelos relacionados con la menor inclinación del terreno, entre las que destacan el mayor espesor de los horizontes superficiales (epipedones) y subsuperficiales (endopedones); el color más oscuro de los epipedones, el mayor espesor del suelo y la mayor profundidad del estrato pedregoso, característico de los paisajes de suelo con topografía menos pronunciada o más suave.

Por su parte, la Figura 2-2 presenta los valores del IHM obtenidos, considerando las características morfológicas de las unidades del paisaje que agrupan perfiles de suelo de acuerdo a las formas de terreno, destacando

la relación que existe entre los valores del IHM y las formas de terreno rectilíneas, según el perfil longitudinal de las laderas. Lo anterior demuestra que las formas de terreno no rectilíneas representan sistemas de paisajes de suelo (SPG) de mayor complejidad y, en consecuencia, con mayor heterogeneidad pedogeomorfológica.



**Figura 2-1**



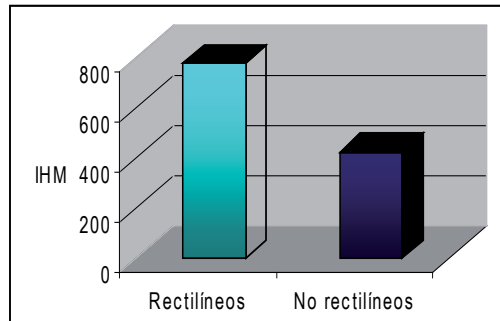


Figura 2-2

Figura 2. Relación entre el IHM y la pendiente media (Figura 2-1) y la forma del terreno (Figura 2-2), en laderas montañosas de la subcuenca Alto Motatán, estado Mérida, Venezuela. Fuente: Pineda y col. (2012).

### 3. Homogeneidad fisico-química de suelos clasificados a nivel taxonómico de serie.

Esta aplicación consistió en analizar la homogeneidad de características físico-químicas de tres series de suelos (Maracaibo, Los Cortijos y San Francisco), localizadas en el sector semiárido (bosque muy seco tropical) de la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela (Larreal y col., 2014). Las unidades taxonómicas (familias de suelo) que identifican a estas series son: Typic Paleargids, francosa

fina, caolinítica, isohipertérmica (Maracaibo y San Francisco) y Typic Paleargids, arcillosa fina, caolinítica, isohipertérmica (Los Cortijos). Se describieron 10 perfiles de suelo por serie, en los que se identificaron 16 características fisicoquímicas.

En la Tabla 1 pueden identificarse los perfiles de suelo que mayor y menor aporte hacen a la homogeneidad de cada una de las series, así las características fisicoquímicas de los perfiles 3 y 5 son las que más contribuyen en la magnitud del IHM de la serie Los Cortijos; las de los perfiles 3 y 8 en la serie San Francisco, mientras que en la serie Maracaibo son las de los perfiles 2 y 7.

Por su parte, el aporte específico de las características fisicoquímicas, considerando la totalidad de los perfiles de suelo por cada serie, puede ser observado en la Tabla 2. De acuerdo con este resultado es obvio que la homogeneidad cada serie de suelo está asociada a combinaciones específicas de atributos fisicoquímicos.

### 4. Homogeneidad climática en Venezuela.

El objetivo de esta aplicación fue validar la eficacia del IHM en la determinación de la homogeneidad de los valores medios mensuales y máximos absolutos mensuales de

Tabla 1. Homogeneidad fisicoquímica de las series y de sus perfiles de suelo.

Perfiles de suelo	Series de suelo y sus valores de (IHM)		
	Los Cortijos (22,40)	San Francisco (31,57)	Maracaibo (37,19)
	IHM por perfil de suelo, dentro de cada serie		
Perfil 1	43,53	36,45	33,70
Perfil 2	34,19	71,50	64,03
Perfil 3	68,01	89,71	57,23
Perfil 4	41,48	36,08	45,19
Perfil 5	44,03	41,16	44,66
Perfil 6	38,86	22,99	50,46
Perfil 7	23,03	45,85	57,38
Perfil 8	26,56	75,27	26,49
Perfil 9	24,78	39,25	55,26
Perfil 10	26,76	36,75	24,31

Fuente: Larreal y col. (2014).

Tabla 2. Aporte de las variables fisicoquímicas a la homogeneidad de las series de suelo.

Series	IHM	Secuencias homogeneidad fisicoquímica (*)
Los Cortijos	22,40	Ai > Po > A > a > HuD > Ca > CE > Mg
San Francisco	31,57	Po > F > Ca > Da > Ha > CIC > Ai > A
Maracaibo	37,19	Hp > Ai > Ha > CE > F > So > CIC > Ca

Fuente: Larreal y col. (2014).

los valores de radiación global, temperatura, insolación, precipitación, evaporación, humedad relativa, velocidad del viento, presión atmosférica y nubosidad; elementos que son medidos y registrados con mayor frecuencia en estaciones meteorológicas de Venezuela (Pineda y col., 2006)

Los resultados se muestran en la Figura 3; observándose en la Figura 3-1 que el elemento insolación (I) es el de mayor homogeneidad, seguido por la precipitación (P), evaporación (E) y humedad relativa (HR). La secuencia de elementos con menor IHM fue velocidad del viento (VV), radiación global (RG), presión atmosférica (PA), temperatura (T) y, por último, nubosidad (NUB).

Del análisis de la Figura 1 es de esperar que la homogeneidad total del subsistema hídrico sea la de mayor magnitud en comparación con la del subsistema circulación general, ya que los valores del IHM obtenidos para los elementos que conforman ese

subsistema (P, E, HR) son mayores por tener menor dispersión que aquellos elementos que integran el subsistema circulación general (VV, PA, NUB), cuyas magnitudes son menores. La homogeneidad total del subsistema energético (RG, T, I) tendría un valor intermedio ya que uno de sus elementos (I) es el de mayor IHM de todos los elementos analizados. En efecto, en la Figura 3-2 se corrobora esta secuencia de homogeneidad por subsistemas climáticos, esto es:

$$IHM_{(Hídrico)} > IHM_{(Energético)} > IHM_{(Circulación general de la atmósfera)}$$

### Conclusión general

La revisión realizada, junto con los ejemplos de aplicación antes expuestos, permiten comprobar la validez del IHM como herramienta metodológica para realizar con eficacia y efectividad el análisis de la complejidad ambiental como un todo, incluyendo la de los subsistemas que lo conforman, llegando hasta la determinación de la contribución que hacen a dicha

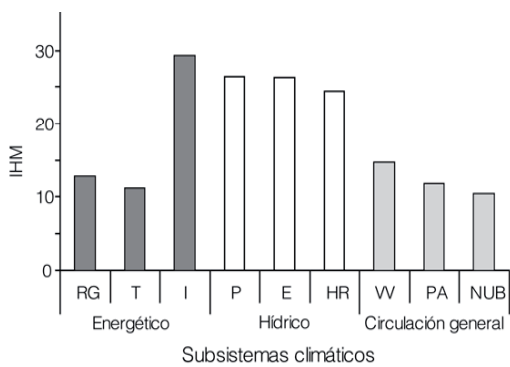


Figura 3-1

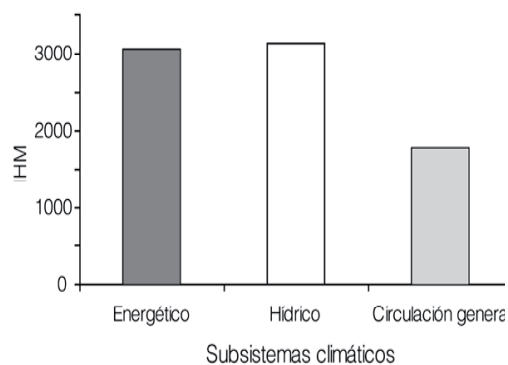


Figura 3-2

Figura 3. Homogeneidad de los subsistemas climáticos, considerando los elementos climáticos por separado (Figura 3-1) y con los elementos integrados en subsistemas (Figura 3-2). Fuente: Pineda y col. (2006)

homogeneidad cada una de las variables que caracterizan a los sistemas y subsistemas que definen el contexto de dicha complejidad.

### **Agradecimiento**

El presente trabajo fue patrocinado por el Proyecto Becas Prometeo, de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), República del Ecuador; con el apoyo de la Universidad Católica de Cuenca (UCACUE) y el Grupo de Investigación de Suelos y Aguas (GISA), este último adscrito al Núcleo Universitario "Rafael Rangel" (NURR), Universidad de Los Andes (ULA), Venezuela.

Este trabajo fue parte del Proyecto NURR-C-535-11-01-A financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y del Arte (CDCHTA), de la (ULA), Venezuela.

### **Referencias bibliográficas:**

- Barberousse P. Fundamentos teóricos del pensamiento complejo de Edgar Morin. *Revista Educare*. 2008, XII(2): 95113
- Da Conceição de Almeida M. Para comprender la complejidad. Primera edición. Hermsillo (México). 2008, 62 p.
- Dijkerman J C. Pedology as a science: The role of data, models and theories in the study of natural soil systems. *Geoderma*. 1974, 11: 73-93
- Elizalde G. El índice de homogeneidad múltiple y su utilidad para la cartografía detallada del sistema pedogeomorfológico. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 1997, 23: 187-206
- Elizalde G. y Jaimes E. Propuesta de un modelo pedogeomorfológico. *Revista Geográfica Venezolana*. 1989, XXX: 5-35
- Flores G, Méndez B, Oballos J, Ochoa G y Jaimes E. Determinación de la homogeneidad múltiple de suelos en los andes venezolanos. *Revista Forestal Latinoamericana*. 2007, 41: 93-106
- Gómez J. Variabilidad espacial de los suelos de la Estación Experimental del Instituto de la UVA de la UCLA, El Tocuyo-Estado Lara. Tesis de Maestría. Maracay: Universidad Central de Venezuela. 1990, 103 p.
- Ibáñez J, Jiménez BR, García A. Sistemología y termodinámica en edafogénesis. Los suelos y el estado de equilibrio termodinámico. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 1990, 277-331
- Jaimes E. Determinación de índices de homogeneidad múltiples globales en sistemas pedogeomorfológicos de la Cordillera de la Costa, Serranía del Litoral Central. Tesis Doctoral. Maracay: Universidad Central de Venezuela. 1988, 226 p.
- Jaimes E y Elizalde G. Determinación de un índice de homogeneidad múltiple en sistemas pedogeomorfológicos montañosos. *Agricultura Andina*. 1991, 6: 25-46
- Jaimes E y Matherano J. Homogeneidad edafogeomorfológica en dos áreas muestras. Subcuenca del río Castán, estado Trujillo, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LÚZ)*. 1996, 13: 711-723
- Jaimes E y Arellano R. Homogeneidad edáfica relacionada con la biomasa herbácea. Subcuenca baja del río Castán, Estado Trujillo, Venezuela. *Revista Agronomía Tropical*. 1998, 48(3): 305-333
- Jaimes E, Mendoza J, Pineda N y Rodríguez H. Homogeneidad pedogeomorfológica y pedogénesis en la cuenca del río Motatán, Trujillo, Venezuela. *Interciencia*. 2005, 30 (2): 73-80
- Jaimes E, Oballos J y Ochoa G. Determinación de la homogeneidad múltiple utilizando diferentes niveles de taxones en perfiles de suelos de la cuenca media y alta del río Motatán. Estados Mérida y Trujillo. Venezuela. *Revista Suelo Planta*. 1992, 2: 433-446.
- Larreal M, Jaimes E y Pineda N. Homogeneidad físico-química de tres series de suelo



- localizadas en la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. *Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANIA*. 2014, 11: 55-59.
- Larreal M. Establecimiento de una metodología en la caracterización y clasificación de series de suelos en las zonas rurales semiáridas del trópico venezolano. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (UPM). 2011, 221 p.
- Leff E. Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza. 1<sup>ra</sup> Edición. México: Siglo Veintiuno Editores. 2004, 510 p.
- Oballos J. Caractérisation des sols de la région de Las Cruces –Santa Elena de Arenales (Mérida, Venezuela). Contribution á la connaissance de la pédogenese en montagne tropicale humide. Tesis de Doctorado. Toulouse (Francia) : Universidad de Toulouse-Le Mirail. 1995, 204 p.
- Ochoa G y Oballos J. La homogeneidad múltiple y la evolución de los suelos en la región de Socopó-Barinas, Venezuela. *Agrochimica*. 2002, 46:220-230
- Ochoa G, Oballos J y Bracho H. Significación pedológica del hierro en una secuencia de la Estación Experimental San Eusebio, Mérida, Venezuela. *Revista Agronomía Tropical*. 2000, 50(4): 558-613
- Pineda N, Garcés Y, Jaimes E, Mendoza J y Rodríguez H. Homogeneidad pedogeomorfológica en laderas de alta montaña, subcuenca Alto Motatán, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 2012, 29: 228-247
- Pineda N, Jaimes E, Mendoza J, Arellano R, Becerra L y Rodríguez H. Homogeneidad pedogeomorfológica relacionada con las formaciones geológicas y las zonas de vida de la microcuenca del río Monaicito, Trujillo, Venezuela. *BIOAGRO*. 2008, 20(1): 49-56
- Pineda N, Jaimes E y Mendoza J. Aplicación del índice de homogeneidad múltiple a datos climatológicos de Venezuela. *Interciencia*. 2006, 31(11): 817-820
- Pineda N. Definición de tipologías de suelos para la evaluación de tierras de la planificación aluvial del río Motatán, estado Trujillo. Tesis de Maestría. Maracay: Universidad Central de Venezuela. 1998, 109 p.
- Smeck N E, Runge E C and Mackintosh E E. Dynamics and genetic modeling of soil systems. In: *Pedogenesis and soil taxonomy 1. Concepts and interactions*. Wilding L.P., Smeck, N.C. y G.F. Hall, Editores. Elsevier, Amsterdam. 1983, 51-81 pp.