

RELACIÓN ENTRE UN ÍNDICE DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE SUELO, LA ZONA BIOCLIMÁTICA Y LA POSICIÓN FISIGRÁFICA EN VENEZUELA*

RELATIONSHIP AMONG A STRUCTURAL STABILITY OF SOIL INDEX, THE BIOCLIMATIC ZONE
AND THE PHYSIOGRAPHIC POSITION IN VENEZUELA

LUISA FERNÁNDEZ, MARIAN GONZÁLEZ Y VIDAL SÁEZ SÁEZ

RESUMEN

La degradación de los recursos naturales es uno de los problemas ambientales con mayor incidencia en los trópicos. Los suelos con mayor riesgo a la degradación física, limitando el desarrollo agrícola sostenido, corresponden a los de mayor inestabilidad estructural. Esto último es dependiente del contenido de materia orgánica, que está condicionado, a su vez, del tipo de cobertura o cultivo y de la práctica de manejo, especialmente de la fertilización orgánica. Por tanto, se hace necesario evaluar los índices existentes y relacionarlos con elementos del ambiente como las zonas bioclimáticas y la posición fisiográfica, como una herramienta útil en la planificación de uso y manejo de suelos y aguas. Entre los índices existentes está el «índice de estabilidad estructural», desarrollado por Pieri en 1995. La finalidad de la presente investigación fue establecer una relación entre las tres variables indicadas en quince unidades de suelos, distribuidos en todo el territorio nacional mediante la aplicación de un procedimiento estadístico. El estudio determinó una débil relación entre el mencionado índice de estabilidad estructural del suelo, la zona bioclimática y la posición fisiográfica donde se encuentran las unidades de suelo estudiadas.

Palabras clave: Estabilidad estructural, zona de vida, geomorfología, correlación estadística.

ABSTRACT

The degradation of natural resources is one of the environmental problems with the highest incidence in the tropics. Soils with the highest risk of physical degradation, restricting sustained agricultural development, correspond to the most structural instability. The latter is dependent on the organic matter content, which in turn depends on the type of coverage or crop and management practices, especially of organic fertilization. Therefore, it is necessary to evaluate the existing indexes and relate them with elements of the environment and bioclimatic zone and physiographic position as a useful tool in land use planning and management of soil and water. Among the existing indexes, is the “structural stability index” developed by Pieri in 1995. The purpose of this research was to establish a relationship between the three variables indicated in fifteen soil units distributed throughout the country by applying a statistical procedure. The study determined a weak relationship between the mentioned index of structural stability of soil, the bioclimatic zone and the physiographic position where the studied soil units are.

Key words: Structural instability, bioclimatic zone, physiographic position

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola puede establecerse mediante índices relacionados con la activación, aceleración o retardo de los procesos de degradación, los cuales dependen de la estabilidad estructural del suelo.

La guía para la elaboración de estudios del medio físico del Ministerio de Medio Ambiente de España (2000) indica con la denominación de estabilidad estructural, o estabilidad de los agregados, la resistencia de los grumos y agregados del suelo a deshacerse o disgregarse en condiciones de humedad, destaca que dicha estabilidad depende de los tipos y cantidades de arcilla, materia orgánica y cualquier otro agente cementante en el suelo que permita mantener estable la estructura.

La estabilidad estructural está vinculada a la buena retención y circulación de agua y a la baja separabilidad de las partículas de los agregados. Por consiguiente, en los suelos con mayor estabilidad estructural el riesgo a la degradación física es menor. Los suelos inestables estructuralmente poseen alto riesgo a la degradación física, lo que limita el desarrollo agrícola sostenible.

La estabilidad de agregados es ampliamente reconocida como un indicador clave para la degradación del suelo. Existe un número importante de métodos para determinarla, o estimarla a partir de sus características. La determinación del estado de agregación del suelo y la estabilidad de los agregados ha sido realizada usando diferentes métodos e índices, pero no existen métodos, modelos o índices estandarizados que se puedan utilizar de manera universal.

La razón por la cual la estabilidad estructural sería un excelente indicador de la calidad del suelo y, por lo tanto, de la sostenibilidad, la ofrecen Lobo y Pulido (2006) cuando afirman que: Dado que la estructura del suelo es una condición compleja que está asociada a muchos procesos agronómicos y ambientales, es de particular importancia evaluar su estabilidad frente a fuerzas externas (gotas de lluvia, presiones mecánicas) e internas (fragmentación por explosión de aire atrapado como resultado de un rápido humedecimiento e hinchamiento diferencial). Pero su determinación por métodos directos o experimentales es compleja.

Así, con el objeto de minimizar los efectos de variaciones en la granulometría sobre indicadores de calidad de suelos se han desarrollado distintos índices, como por ejemplo MO/arcilla+limo (Pieri, 1995), MO/arcilla (Ferraris *et al.*, 2002) o el índice de compactación relativa (densidad aparente/densidad aparente máxima) que permite comparar el grado de compactación entre suelos de distintas texturas.

En la actualidad, así como lo señala Velázquez *et al.* (2007) existen áreas extensas de tierras afectadas por procesos de degradación irreversibles como la erosión acelerada, la desertificación, la compactación, la acidificación, la reducción

en el contenido de materia orgánica, la disminución de la biodiversidad genética y el agotamiento de la fertilidad natural del suelo.

Los suelos con mayor riesgo a la degradación física, que limitan el desarrollo agrícola sostenido, corresponden a los de mayor inestabilidad estructural. Esto último, dependiente del contenido de materia orgánica, estrechamente relacionada con el tipo de cobertura o cultivo y de la práctica de manejo, así como con el tipo de relieve donde se desarrolla el suelo.

Según lo expuesto, el presente estudio tiene por objetivo analizar la relación existente entre la estabilidad estructural del suelo, mediante el índice de estabilidad de Pieri (1995), considerando dos parámetros de índole geográfico como la zona bioclimática y la posición fisiográfica.

ÁREA DE ESTUDIO

Se seleccionaron quince unidades de suelo distribuidas en el territorio venezolano y en la figura 1 su identificación:

Suelos	Coordenadas Geográficas	Ubicación Estatal
Pedregal 1	11° 01' Lat. N; 70° 07' Long. O	Falcón
Ocumo 1	10° 05' Lat. N; 67° 21' Long. O	Aragua
El Gavilán	05° 57' Lat. N; 67° 16' Long. O	Amazonas
Coche	10° 44' Lat. N; 63° 53' Long. O	Nueva Esparta
Uribeque-Chivacoa	10° 09' Lat. N; 68° 35' Long. O	Yaracuy
La Concepción	09° 27' Lat. N; 70° 05' Long. O	Portuguesa
Mamonal	09° 31' Lat. N; 65° 70' Long. O	Guárico
El Sombrero	09° 38' Lat. N; 67° 05' Long. O	Guárico
Bienes Maracaibo	10° 63' Lat. N; 71° 64' Long. O	Zulia
Baja Guajira Paéz	11° 19' Lat. N; 71° 55' Long. O	Zulia
La Paradeña 2	10° 12' Lat. N; 68° 11' Long. O	Carabobo
EE Bajo Seco UCV	10° 27' Lat. N; 67° 11' Long. O	Vargas
EE El Laurel UCV	10° 40' Lat. N; 66° 88' Long. O	Miranda
Potrerito- Los Salias	10° 22' Lat. N; 66° 56' Long. O	Miranda
La Arada- Acevedo	10° 31' Lat. N; 66° 23' Long. O	Miranda

Figura N° 1.
Distribución espacial de los suelos seleccionados para el estudio



Relación entre un índice de estabilidad estructural de suelo, la zona bioclimática y la posición fisiográfica en Venezuela

METODOLOGÍA EMPLEADA

El cumplimiento del objetivo planteado requirió la aplicación del siguiente procedimiento metodológico constituido por las siguientes fases:

1. Selección de las áreas con la información edáfica, biogeográfica y geomorfológica requerida y disponibles en los estudios de suelos de la cátedra de Biogeografía (UCV).

2. Determinación del índice de estabilidad estructural, mediante la aplicación del EI de Pieri (1995).
3. Determinación de las zonas bioclimáticas según Holdridge (1967).
4. Determinar la relación entre el índice de Pieri (1995) y la zona bioclimática mediante la aplicación del método estadístico de correlación de Sperman por medio del programa Past 2.17 C (2013)
5. Identificación de la posición fisiográfica según metodología de Alfred Zinck (1974).
6. Determinar la relación entre la estabilidad estructural de suelo y la posición fisiográfica mediante la aplicación de métodos estadísticos de correlación de *Sperman* a través del programa Past 2.17 C (2013)

Es importante destacar que el procedimiento indicado es una aproximación dado el número restringido de observaciones, a partir de los resultados se obtiene una orientación del empleo de este índice de estabilidad estructural y la relación de este con las variables indicadas.

RESULTADOS

El cálculo del índice de estabilidad estructural, mediante la aplicación del EI de Pieri (1995) para quince suelos venezolanos, fundamentado en los contenidos de materia orgánica, limo y arcilla, arrojó valores en un rango de 1,7 y 14,22 lo cual es indicativo de una gran variabilidad (cuadro N° 1).

La interpretación del índice de estabilidad estructural es como sigue: valores menores a 5, riesgo alto; rango de 5 a 7, moderado; entre 7 y 9, bajo; y mayores a 9 corresponde a riesgo muy bajo.

En cuanto a la geomorfología de los diferentes suelos, se presentaron seis tipos de relieve de acuerdo a la clasificación de Alfred Zinck (1974), siendo colinas (de piedemonte y de montaña) laderas, terrazas, glaciares y llanura (aluvial y de explayamiento), esta variable también presenta una alta variabilidad, con relieves de distinta génesis que conferirán al suelo diversas características.

En cuanto a zonas de vida se identificaron siete tipos según la metodología de Leslie Holdridge y son: Maleza Desértica Tropical (md-T), Maleza Espinosa Tropical (me-T), Bosque Muy Seco Tropical (bms-T), Bosque Seco Tropical (bs-T), Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB), Bosque Húmedo Tropical (bh-T) y Bosque Húmedo Premontano (bh- P), de donde se puede destacar que existen áreas de diferente altitud donde se ve modificada la temperatura y de precipitación variable, desde 500 hasta 2800 mm anuales (cuadro N° 2).

Cuadro N° 1**Resumen de los valores del Índice de estabilidad estructural de Pieri (1995), zona de vida y posición geomorfológica**

Identificación	MO %	Limo	Arcilla	Textura	IE	Interpretación IE
Pedregal (Falcón)	1,95	36,8	55,6	A	2,1	alto riesgo
Ocumo (Aragua)	2,95	28,8	32,7	FA	4,8	alto riesgo
El Gavilán (Amazonas)	2,69	11,7	39,8	Aa	5,2	moderado
Coche (Nva Esparta)	3,07	24,7	26,3	FAa	6	moderado
Uribeque-Chivacoa (Yaracuy)	1,98	29,25	15,57	Fa	4,4	alto riesgo
La Concepción/Portuguesa)	9,8	53	40,7	AL	10,5	muy bajo
Mamonal (Guárico)	2,75	43,59	51,65	AL	2,9	alto riesgo
El Sombrero (Guárico)	2,82	23,6	56	A	3,5	alto riesgo
Bienes (Zulia)	0,95	38,3	16,7	F	1,7	alto riesgo
Baja Guajira (Zulia)	1,8	2,67	5,4	A	22,3	muy bajo
La Paradeña (Carabobo)	4,74	32,6	31,2	FA	7,4	bajo riesgo
Bajo Seco (Vargas)	3,98	28,71	17,82	Fa	8,5	bajo riesgo
El Laurel (Miranda)	18,52	30,71	26,5	F	32,4	muy bajo
Potrerito (Miranda)	3,22	32,7	15	F	9,6	muy bajo
La Arada- (Miranda)	2,23	24	24,4	FAa	14,22	muy bajo

A=arcilla; a= arena; L= limo; F= franco

Cuadro N° 2.
Zonas de vida y tipos de posición geomorfológica

Identificación	Temp °C	Pp mm	Altitud m/snm	Zona de Vida	Posición Geomorfológica
Pedregal (Falcón)	27,8	615	180	me-T	Glacis
Ocumo (Aragua)	27	888	548	bs-T	Terrazas
El Gavilán (Amazonas)	27,5	1800	264	bh-T	Llanura Aluvio-coluvial
Coche (Nva Esparta)	27,98	254,6	20	md-T	Glacis
Uribeque-Chivacoa (Yaracuy)	25	1100	310	bs-T	Terraza
La Concepción/Portuguesa)	19	2800	600	bh-P	Colina
Mamonal (Guárico)	26	950	153	bs-T	Llanura Aluvial
El Sombrero (Guárico)	25	1000	157	bs-T	Llanura Aluvial
Bienes (Zulia)	28,9	722,5	30	bms-T	Glacis
Baja Guajira (Zulia)	27,8	589	35	md-T	Llanura de Explayamiento
La Paradeña (Carabobo)	28	1079	650	bs-T	Terraza
Bajo Seco (Vargas)	16	901	1825	bs-MB	Ladera de montaña
El Laurel (Miranda)	19	1332	1150	bh-P	Ladera de montaña
Potrerito (Miranda)	18,5	1129,3	1328	bh-P	Ladera de montaña
La Arada- (Miranda)	26,5	2121,9	48	bh-T	Colinas residuales

Fuente: elaboración propia

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para el análisis estadístico en cumplimiento del objetivo del estudio se usó el Programa PAST2.17C (2013). Para establecer las relaciones de las variables se procedió al cálculo del coeficiente de correlación de *Sperman*, debido a que las variables seleccionadas presentan distinta naturaleza (variables continuas, discretas y categóricas) en función al carácter cualitativo de dos de las tres variables, determinándose lo siguiente: Para las variables EI y posición geomorfológica el valor fue de - 0,47 ($p = 0,0728$) lo que es indicativo según esta evaluación estadística, que el índice de estabilidad de Pieri y la geomorfología tienen una relación inversa, débil o baja dependencia entre las dos variables. La relación entre el EI y la zona de vida resultó ser + 0,43 ($p = 0,10$) lo que sugiere una baja relación entre las variables y según este resultado existe una baja dependencia entre ellas. La relación entre la posición geomorfológica y la zona de vida da un coeficiente de correlación de - 0,43 lo que indica una débil relación. $P =$ porcentaje de no relación entre las dos variables.

La relación entre la posición geomorfológica y la zona de vida mostró que en la determinación de esta última, la variable altitud está implícita y de este parámetro deriva el coeficiente de correlación 0,4.

El índice estabilidad estructural teóricamente presenta una relación con el tipo de relieve ya que de este deriva su granulometría, siendo aspectos de la granulometría (% de limo y % de arcilla) involucrados en la obtención del índice, en la práctica con los resultados derivados de la aplicación del índice de Pieri la relación resultó baja, esto se presume que se deba a que el índice se estableció con suelos de África franco parlante.

La relación del índice de estabilidad estructural y zona de vida teóricamente deberían tener una relación importante debido a que el índice utiliza el contenido de materia orgánica el cual está en función de la zona bioclimática, existiendo una baja relación entre ellos por lo que se puede decir que el índice de estabilidad de Pieri, no es el más adecuado para evaluar la estabilidad estructural en los suelos venezolanos.

CONCLUSIONES

En la investigación la relación del índice de estabilidad estructural utilizado y la zona de vida resultó baja, cuando se esperaría una fuerte relación entre ambos. De igual manera entre el índice de estabilidad estructural y la posición geomorfológica la relación resultó débil, cuando teóricamente la relación es importante, de estas afirmaciones se concluye que el índice de Pieri, como índice para evaluar la estabilidad estructural en suelos venezolanos no es el más adecuado.

En otro escenario, y con el objeto de afinar la aplicación del índice se debe incluir un mayor número de observaciones de suelos por unidad geomorfológica (tipo de relieve) definida por las zonas de vidas, a fin de lograr mayor precisión de los resultados para cada área y reconocer la fortaleza o no del índice de estabilidad estructural de Pieri (1995) según la metodología aplicada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EWEL J, MADRIZ A, TOSI JA. (1976). Zonas de vida de Venezuela. *Memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. 2 cd. Editorial Sucre. Caracas, Venezuela. 270 pp.
- FERNÁNDEZ DE A., L. (1994). Evaluación del riesgo de erosión por salpique en suelos en la cuenca alta del río Petaquire. *Venesuelos* 2(2):50-53.
- FERNÁNDEZ DE A., L. (2014). Aplicación del índice de estabilidad estructural de Pieri (1995) a suelos montañosos de Venezuela. *Terra Nueva Etapa*, vol. XXX, núm. 48, julio-diciembre, 2014, pp. 143-153.
- LOBO, D. y M. PULIDO. (2006). Métodos e índices para evaluar la estabilidad estructural de los suelos. *Venesuelos* 14:22-37.
- PIERI, C. (1995). Land-use change in the semiarid and arid tropics of Africa. B.Turner, A. Gómez-Sal, F. González Bernáldez, F. Di Castri (Eds.) *Global land use change: A perspective from the Columbian Encounter*. CSIC. Madrid, España. pp. 341-360.
- PIERI, C. (1995). Long-term soil management experiments in semiarid Francophone Africa. *Adv. Soil Sci.* 225-264 pp.
- PIERI, C. (1995). Long-term soil management experiments in semi-arid Francophone Africa. In: *Soil Management: experimental basis for sustainability and environmental quality*. R. Lal and B. Steward (eds). Lewis Publishers/CRC. Florida, USA. 266 p.
- PIERI, C., J. DUMANSKI, A. HAMBLIN Y A. YOUNG. (1995). Land Quality Indicators. *World Bank Discussion Paper* 315, World Bank, Washington D.C. 63 p.

REINO DE ESPAÑA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. (2000). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Serie Monografías. Madrid.

VELÁSQUEZ, H., J. MENJIVAR y C. ESCOBAR. (2007). Identificación de suelos susceptibles a riesgos de erosión y con mayor capacidad de almacenamiento. *Acta Agron.* vol.56 no.3. 16 pp.

ZINCK, A. (1974). *Definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos*. MOP-CIDIAT. 118 p.

DRA. LUISA FERNÁNDEZ DE ANDRADE. Profesora de pregrado y postgrado e investigadora (UCV) desde 1989, en las áreas de Edafología, Manejo de Suelos y Metodología de la Investigación. Licenciada en Geografía, UCV, 1988. Doctora en Ciencia del Suelo, UCV, 2002. Directora de la Escuela de Geografía, UCV, 2005-2008. Ex-Directora del Instituto de Geografía y Desarrollo Regional, UCV, 2008-2009. Miembro de la Comisión de Estudios de Postgrado de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad Central de Venezuela (2013-2016).

LIC. MARIAN GONZÁLEZ. Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela. Profesora Instructora. Licenciada en Geografía, UCV, 2011. Docente en pregrado, Escuela de Geografía.

DR. VIDAL SÁEZ-SÁEZ. Profesor Titular. Doctor en Ciencias, UCV 2002. Especialista en Agrometeorología, Bélgica, 1990. Licenciado en Geografía, UCV, 1987. Docente en pre y postgrado-UCV. Coordinador de Investigación de la FHE/UCV. Ex-Director de los Estudios de Postgrado de la Facultad de Humanidades y Educación (2008-2013). Ex-Coordinador de la Maestría en Análisis Espacial y Gestión del Territorio FHE-UCV (2005-2013). Miembro del Comité Académico del Doctorado en Humanidades. UCV. Investigador PEII, Nivel B.

Correo electrónico: vidal.saezsaez@gmail.com

