

Morfografía cuantitativa de sistemas edafogeomorfológicos delineados en dos áreas muestras de la subcuenca del río Castán, estado Trujillo, Venezuela.¹

Cuantitative morphology of edafogeomorphologic systems outlined in two sample areas of the Castan river basin. Trujillo state, Venezuela.

E. Jaimes²
J. Mejías²

Resumen

El objetivo del trabajo es aplicar una metodología para caracterizar la forma superficial del terreno, en sistemas edafogeomorfológicos en dos áreas muestras localizadas en el Páramo de Ortíz (zona alta) y en la Unidad de Producción Integrada (zona baja), pertenecientes a la subcuenca del río Castán, cuenca del río Motatán, estado Trujillo, Venezuela. Se utilizaron los índices de forma del terreno, rugosidad, orientación de la máxima pendiente y los grados de inclinación media y máxima de la superficie. Los resultados obtenidos indican que los sistemas mapeados en el área muestra de Ortíz exhiben una mayor complejidad morfológica, asociada con formas de terreno fuertemente convexas, con mayores desniveles internos y de mayor inclinación, en comparación con los delineados en la zona baja, los cuales exhiben mayor uniformidad en cuanto a curvatura, rugosidad y orientación del terreno, además de presentar menor pendiente. Con base a los resultados obtenidos, se concluye que la aplicación de estos índices morfológicos tendrían una gran utilidad para la realización de estudios más detallados de la dinámica hidrológica y evolución pedológica de los sistemas edafogeomorfológicos localizados en cuencas hidrográficas.

Palabras claves: Índices morfológicos, sistemas edafogeo-morfológicos, dinámica hidrológica.

Recibido el 21-09-95 ● Aceptado el 17-07-96.

1. Proyecto N° NURR-C-T-01-90, financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humánico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes (ULA). Mérida, Venezuela. Trabajo presentado en el V Congreso Venezolano de Ingeniería Agrícola. 20 al 23 de septiembre, 1995. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

2. Grupo de Investigación de Suelos y Aguas (GISA), Villa Universitaria El Prado, Edif. E, 1er Piso, NURR - ULA. Trujillo, Venezuela. Telf: 072 - 711951.

Abstract

The objective of this work is to apply a methodology to characterize the superficial form of the ground, in edafogeomorphologic systems in two sample areas located in Páramo de Ortiz' (high zone) and in the Unit of Integral Production (low zone), pertaining to the Castán river basin, including to the Motatán river basin, Trujillo state, Venezuela. The indexes of the ground form, rugosity, direction of the maximum slope and the grades of the average inclination and maximum of the surface, were used. The results obtained allowed to prove that the mapped systems in the sample area of Ortiz exhibit a greater morphographic complexity, associated with ground forms strongly convex, with greater internal unevenness and greater inclination, in comparison with the outlined in the low zone, which exhibit more uniformity as for landform, rugosity and direction of the ground, in addition to present less slope. On the basis of the obtained results, it's concluded that the application of these morphographic indexes would have a large usefulness for the realization of more detailed studies of the hydrologic and the pedologic evolution of the edafogeomorphologic systems located in hydrographic river basins. **Key words:** Morphographic indexes, edafogeomorphologic systems, Hydrologic dynamic.

Introducción

El desarrollo del análisis cuantitativo con la finalidad de estudiar la forma de la superficie del terreno, se inició con Young (7) y Evans (2), quienes ensayaron un método de análisis topográfico a través del cual lograron definir cuatro índices morfográficos: pendiente del terreno, aspecto de la superficie, curvatura del perfil y del plano topográfico. Posteriormente, Zevenbergen y Thorne (8), analizaron los efectos que provocan estos atributos morfográficos sobre el balance de algunos procesos. Los nueve tipos de formas de terreno que regulan la intensidad, homogeneidad y orientación de los flujos de agua superficiales y subsuperficiales, principalmente en zonas con relieve montañoso, son los siguientes: a) perfiles rectilíneo-rectilíneos; b) rectilíneo-cóncavos; c)

rectilíneos-convexos; d) perfiles cóncavo-rectilíneos; e) cóncavo-cóncavos; f) cóncavo-convexos; g) perfiles convexo-rectilíneos; h) convexo-cóncavos e i) convexo-convexos (3). En la figura 1, aparecen indicados los patrones de flujo superficial y vertical, que están asociados con la combinación de estos perfiles transversales y longitudinales, característicos de las laderas o terrenos inclinados.

Un método de análisis morfográfico cuantitativo fue propuesto por Jaimes y Elizalde (4), quienes definieron los siguientes índices: (a) Rugosidad, entendida como el grado de irregularidad que tiene una superficie en una distancia dada; (b) forma de terreno, que es el grado de concavidad, convexidad o linealidad que exhibe la superficie inclinada de un terreno; (c)

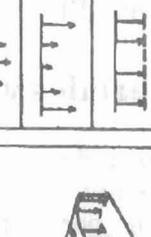
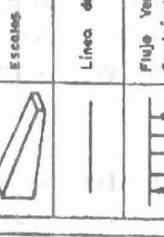
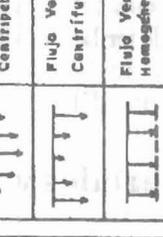
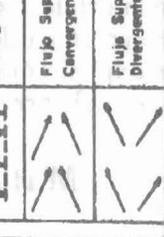
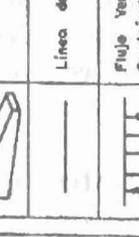
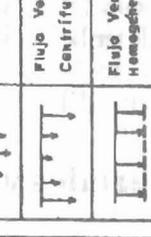
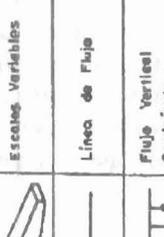
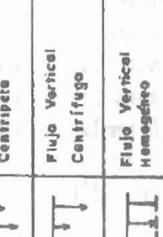
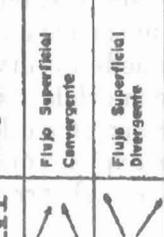
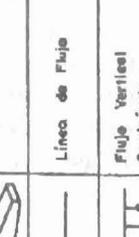
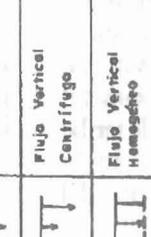
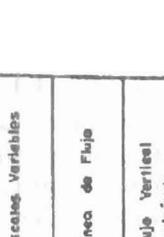
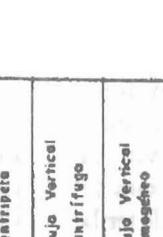
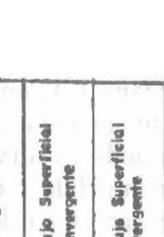
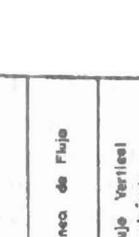
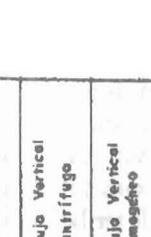
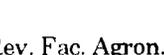
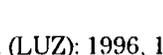
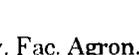
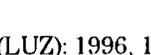
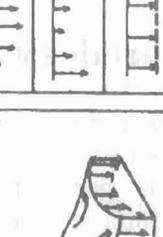
Flujo	PERFILES LONGITUDINALES DE LAS LADERAS		TRANSVERSALES DE LAS LADERAS CONVEXAS		TRANSVERSALES DE LAS LADERAS CONCAVAS		LAS LADERAS CONVEXAS		REFERENCIAS	
	SUPERFICIAL	VERTICAL	RECTILINEOS	CONCAVOS	CONCAVOS	CONCAVOS	CONVEXOS	CONVEXOS	SIMBOLOS	DENOMINACION
CONVEXOS									Escalones Variables	
CONCAVOS									Línea de Flujo	
RECTILINEOS									Flujo Vertical Centripeto	
									Flujo Vertical Centrifugo	
									Flujo Vertical Homogéneo	
									Flujo Superficial Convergente	
									Flujo Superficial Divergente	
									Flujo Superficial Peralteado	

Figura 1. Patrones de líneas de flujo superficial y vertical según diversas combinaciones de formas de laderas. Fuente: James, 1983.

pendiente media, el cual mide el grado de inclinación promedio que posee la superficie del terreno; (d) Pendiente Máxima, representa la máxima inclinación que se puede observar en sistemas edafogeomorfológicos y (e) orientación del terreno, el cual describe la dirección de exposición de la pendiente máxima del terreno. El

propósito de este trabajo es aplicar la propuesta por Jaimes y Elizalde (4), con la finalidad de realizar un análisis morfográfico cuantitativo en sistemas edafogeomorfológicos, previamente delineados y caracterizados por Mendoza (6), ubicados en la subcuenca del río Castán, en el estado Trujillo.

Materiales y métodos

Características del área de estudio. De acuerdo con el estudio edafogeomorfológico realizado por Mendoza (6), el área seleccionada se encuentra localizada en la cordillera de Los Andes, serranía de Trujillo, abarcando la subcuenca alta y baja del río Castán, entre las coordenadas 70° 17' y 70° 35', longitud oeste y 09° 12' y 09° 30', latitud norte. La topografía presenta un relieve con vertientes complejas, característico de los paisajes e montaña, variando de escarpado a muy escarpado, con topografía accidentada y pendientes que van desde 30% a más de 60%, con unidades de fondo de valle, las cuales han sido formadas por procesos de acumulación cuaternaria.

El área muestra de la UPI está definida fisiográficamente por un perfil topográfico plano, estrecho y alargado con una pendiente general y local menor o igual a 2%, con dirección este-oeste. La configuración, morfografía y distribución espacial de los suelos, están intrínsecamente relacionados con las condiciones geomorfológicas vigentes (depósitos aluviales recientes y sub-recientes), compuestos básicamente de arenas finas y muy finas,

limos y arcillas, con variaciones locales que incluye arenas cuarzosas, provenientes de procesos de explayamiento o desbordes aluviales y por otros de naturaleza coluvial, asociados con el modelado de las laderas vecinas. La dinámica predominante en este sitio en la de una napa de limo de desborde. Taxonómicamente los suelos se clasifican como Typic y Fluventic Haplustolls y Ustropepts, pertenecientes a las familias francosa fina, mixta e isohipertérmica. La altitud media es de 400 msnm, con una pluviosidad anual media de 1989 mm, evapotranspiración anual promedio de 1756 mm. La zona de vida clasifica como bosque seco tropical, con un régimen de humedad del suelo definido como ústico (6).

El área muestra de Ortíz forma parte del paisaje montañoso donde los rangos de pendiente varían de suave a escarpado. El sector forma parte de un sistema de vertientes. Está ubicada en el tope de una montaña en un parte de agua donde se combinan pendientes suaves, quebradas y fuertes, con predominio de relieve ondulado y abrupto. El área se localiza en la parte alta de la subcuenca del río Castán (2345 msnm), con precipitación media

anual de 910 mm, evapotranspiración promedio anual de 688 mm y temperatura media anual de 14°C. La zona de vida es típica de un bosque húmedo montano. Los suelos han sido desarrollados *in situ* (manto de alteración superficial), caracterizados por presentar epipedones con elevados contenidos de materia orgánica (úmbricos) y endope-dones con acumulación iluvial de arcilla (argílicos). La clasificación taxonómica de estos suelos es Typic Tropudults, arcillosa fina, caolínica, isotérmica. El régimen de humedad de los mismos ha sido definido como údico (6).

Metodología. Consistió en el reconocimiento y posterior cuantificación de los cinco atributos morfológicos definidos por Jaimes Y Elizalde (4), teniendo como marco de referencia cartográfico los sistemas edafogeomorfológicos, delineados por Mendoza (6), con base a la clasificación de paisajes propuesta por Elizalde (1) para estudios a gran detalle, expresables a escalas mayores o iguales a 1:10.000 (nivel de abstracción 8). El procedimiento constó de las etapas siguientes:

Levantamiento de campo. Se realizó un estudio topográfico convencional en cada uno de los sistemas delineados en las áreas muestras de UPI y Ortíz mediante lecturas taquimétricas con mira y nivel de ingeniero en puntos equidistantes 1 m, alineados en la dirección de los puntos cardinales (figura 2), en los cuales se iba colocando la mira vertical para obtener las lecturas que permitirán calcular las cotas de terreno y los desniveles. Para hacer las lecturas taquimétricas, el nivel de ingeniero

se coloca en el origen de los ejes cardinales (Punto X) de la figura 2, porque representa el centro de las estaciones desde las cuales se hicieron las observaciones y que fueron dispuestas en una red cuadrículada de diez puntos de observación por cada sistema delineado. La distancia mínima entre el nivel y la mira, para apreciar lecturas taquimétricas, con un error de $1 \cdot 10^{-3}$ m., es de tres metros y la máxima es de siete metros, dando un espaciamiento máximo entre puntos extremos por cada estación, de catorce metros; que es el adecuado para establecer una red cuadrículada de puntos, cuya densidad es suficiente para este tipo de análisis morfológico.

La orientación del terreno se determina por medio de la brújula azimutal, midiendo el ángulo, en sentido antihorario, que forma la dirección de la máxima pendiente en cada estación dentro del sistema edafogeomorfológico, con la dirección del punto cardinal este (figura 3).

Metodología de gabinete. A partir de la información obtenida del levantamiento de campo realizado, se procedió a determinar las cotas de terreno o desniveles entre los puntos de observación ubicados en cada una de las estaciones. Luego, aplicando las fórmulas propuestas por Jaimes y Elizalde (4), es posible cuantificar los índices morfológicos definidos por estos autores.

Las cotas del terreno se calculan aplicando las fórmulas reportadas por Mejías (5), dependiendo del tipo de nivelación realizada (Eclimétrica o Geométrica), es decir:

Nivelación eclimétrica. Re-

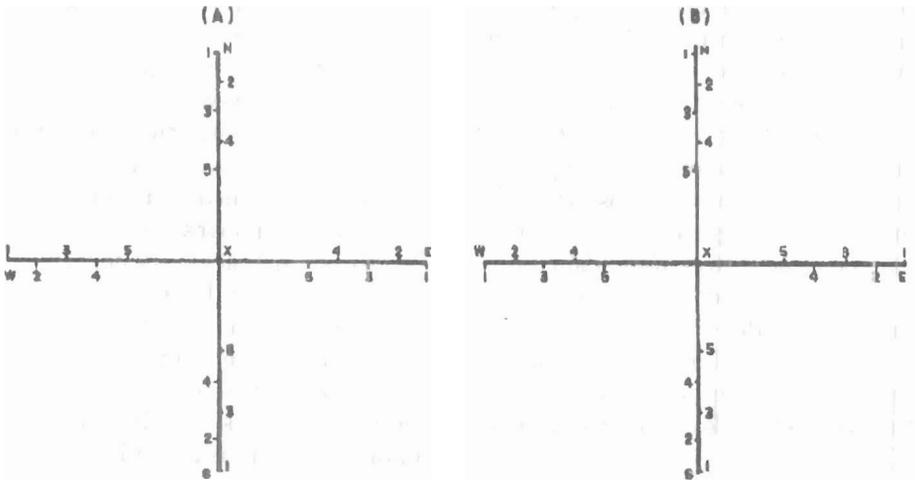


Figura 2. Ubicación de los puntos de observación de atributos de la forma del terreno en sistemas edafogeomorfológicos situados en UPI(A) y páramo de Ortiz (B).

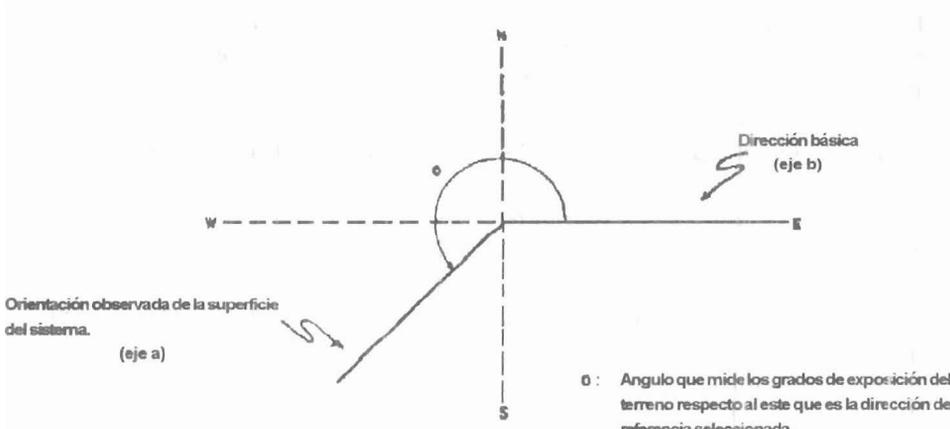


Figura 3. Determinación de la orientación de la superficie del terreno según su pendiente máxima.

quiere el cálculo de las cotas de terreno, aplicando la ecuación siguiente:

$$Ct_i = CB + D_{(x-i)} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

Ct_i = Cota básica del terreno en el punto i .
 $i = 1, \dots, n$. ($n = 7$, en este estudio).

CB = Cota básica del punto central (x) de la estación.

$D_{(x-i)}$ = Desnivel entre los puntos x e i .

Por su parte, los desniveles (D) se obtienen con cualquiera de las fórmulas siguientes:

$$D_{(x-i)} = ha - lm + Dh * Ctg\Phi, \quad \text{Ec. 2}$$

$$D_{(x-i)} = ha - lm + Dh * Tg\Phi \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

$D_{(x-i)}$ = Desnivel entre los puntos x e y .
 x = Punto Central de la estación

$i = 1, \dots, n$. ($n = 7$, en este estudio)

ha = Altura del aparato (nivel de ingeniero)

lm = Lectura en el hilo medio de la mira

Dh = Distancia horizontal entre los puntos x e i .

$Ctg\Phi$ = Cotangente del ángulo vertical cenital (Φ)

$Tg\Phi$ = tangente del ángulo vertical de altura o depresión.

La cota básica de terreno es una cota de referencia (conocida o seleccionada arbitrariamente), asignada al punto de estación, que sirve para calcular las cotas de terreno de los puntos alineados en los ejes cardinales. El valor de esta cota puede ser el de un punto ubicado por encima, por debajo o a nivel del resto de las cotas de terreno, calculadas a partir de ella.

Nivelación geométrica. Este tipo de nivelación no amerita el cálculo de las cotas de terreno, pero sí de los desniveles entre puntos separados por un (1) metro lineal. Estos se determinan con la siguiente fórmula:

$$D_{[i-(i+1)]} = L_i - L_{(i+1)} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

$D_{[i-(i+1)]}$ = Desnivel entre dos puntos consecutivos i .

e $(i+1)$, separados un metro lineal entre sí.

L_i = Lectura de mira en el punto y .

$L_{(i+1)}$ = Lectura de mira en el punto siguiente $(i+1)$.

Los desniveles (D_i) entre puntos consecutivos, separados un metro lineal, se determinan para la nivelación eclimétrica por diferencia de cotas de terreno y para la geométrica por diferencia de lecturas de mira.

Cálculo de los índices morfográficos. Se determinan aplicando las fórmulas propuestas por Jaimes y Elizalde (4), estas son:

Índice de rugosidad. Se expresa como desnivel medio por metro lineal en cm/m , calculándose mediante las siguientes ecuaciones, de acuerdo con el tipo de nivelación empleado:

Nivelación eclimétrica:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n [Ct_i - Ct_{(i+1)}]}{n} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

D = Desnivel medio en cm/m .

Ct_i = Cota de terreno en el punto y .

$i = 1 \dots\dots\dots n.$

$Ct_{(i+1)}$ = Cota de terreno del punto ubicado delante del Ct_i , si la secuencia de cálculo en todas las direcciones es hacia el punto central de la estación (sentido centrípeto).

$Ct_{(i-1)}$ = Cota de terreno del punto ubicado atrás del Ct_i , en la secuencia de cálculo del centro hacia afuera (sentido centrífugo) en todas las direcciones.

n = Número total de diferencias de lecturas de mira o desniveles sucesivos, separados un (1) metro por cada estación.

Nivelación geométrica

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n [L_{(1 \pm i)}]}{n} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

\bar{D} = Desnivel medio en cm/m.

$i = 1 \dots\dots\dots n.$

L_i = Lectura de mira en el punto y .

$L_{(i+1)}$ = Lectura de mira en el punto ubicado delante del L_i , si la secuencia de cálculo en todas las direcciones es hacia el punto central de la estación (sentido centrípeto).

$L_{(i-1)}$ = Lectura de mira del punto ubicado atrás del L_i , si la secuencia del cálculo en todas las direcciones es del centro de la estación hacia afuera (sentido centrífugo).

n = Número total de diferencias de lecturas de mira o desniveles sucesivos, separados un (1) metro por cada estación.

De lo antes expuesto, el factor D en las ecuaciones 5 o 6 representa el índice que permite cuantificar el grado de rugosidad de la superficie del terreno o sistema edafogeomorfológico. En un sentido de cálculo centrípeto, un valor negativo (-) significa superficie cóncava y positivo (+) superficie convexa, y ocurre lo contrario cuando el sentido de cálculo es centrífugo (figuras 4 y 5).

Índice forma del terreno. La determinación de este parámetro geomórfico se realiza a partir de la ecuación 7, que es la fórmula para obtener la desviación estándar de los desniveles entre dos puntos consecutivos, separados un (1) metro entre sí (D_i), con respecto al desnivel medio (\bar{D}), usando ($n-1$) datos de cada estación.

Esta desviación va multiplicada por el desnivel medio (\bar{D}) para obtener así la forma cóncava o convexa. Debido a que no se están considerando todas las observaciones posibles dentro del sistema edafogeo-morfológico, se está dando un grado de libertad.

La ecuación 7 es la misma para la nivelación eclimétrica y geométrica.

$$Ft = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n - 1} * \bar{D} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

Ft = Índice de forma del terreno en un punto de observación del sistema.

D_i = Desnivel entre dos puntos consecutivos separados un (1) metro lineal entre sí dentro de la estación.

\bar{D} = Índice de rugosidad de la superficie.

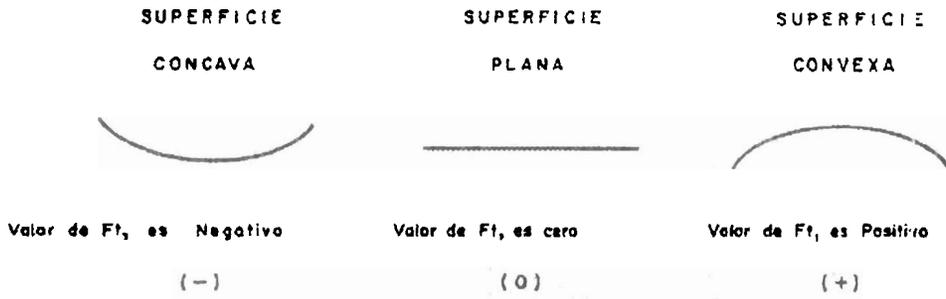


Figura 4. Morfología del sistema edafogeomorfológico según el signo del factor forma del terreno (Ft) en sentido de cálculo centripeto.

$i = 1 \dots\dots\dots n.$

$n =$ Número total de observaciones.

$$P. Med. = \frac{\sum_{i=1}^n |D_i|}{n} \quad Ec. 8$$

La ecuación 7 indica que para determinar el índice de forma del terreno es suficiente con multiplicar el coeficiente de rugosidad de la superficie en la estación por el grado de dispersión espacial de los desniveles observados en la misma. Si la secuencia de cálculo es centripeta (de afuera hacia adentro), teóricamente la forma del terreno queda establecida por el signo positivo (+) o negativo (-) que resulte del cálculo del índice de rugosidad. Si el signo es positivo, la orma del terreno es convexa, si es negativo es cóncava y si el valor Ft es cero (0) entonces la superficie del terreno es plana, independientemente del grado de inclinación (figura 4).

Se expresa en porcentaje (%), pero como los desniveles se calculan en cm/100 cm ó cm/m, no es necesario multiplicar por 100 para llevarla a porcentaje.

Pendiente máxima. Se obtiene de acuerdo al tipo de nivelación empleado durante la fase de campo.

Nivelación eclimétrica:

$$P. Máx. = \frac{H - h}{d} * 100 \quad Ec. 9$$

Donde:

H = Cota del terreno en el punto más alto de la estación en metros (m).

h = Cota del terreno en el punto más bajo de la estación en metros (m).

d = Distancia horizontal entre ambos puntos (H y h) en metros (m).

Pendiente media. Se determina por la ecuación 8 que es la misma para ambos tipos de levantamiento (eclimétrico y geométrico), la cual representa el promedio de los desniveles medios absolutos existentes dentro de la estación.

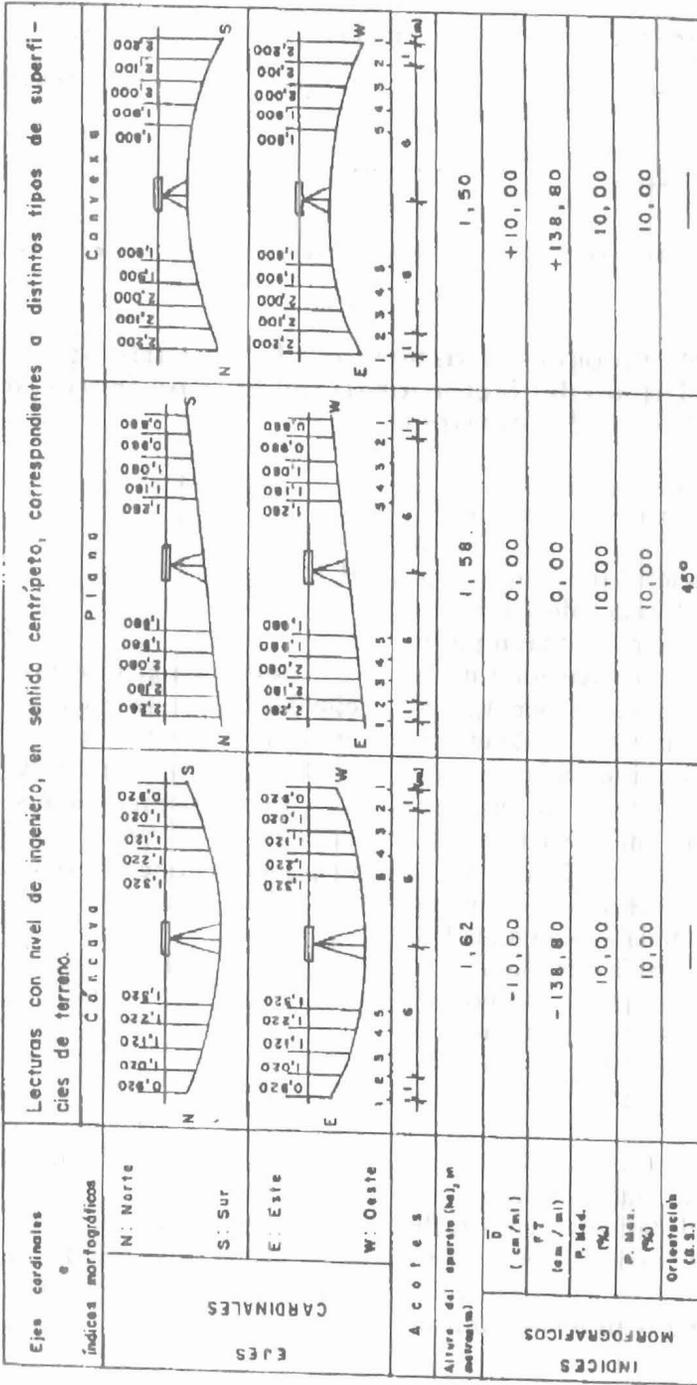


Figura 5. Cálculo de los índices morfográficos para formas de terreno cóncavas, rectilíneas y convexas, utilizando las ecuaciones para una nivelación de tipo geométrica.

Nivelación geométrica:

$$P. \text{ M}áx. = \frac{LM - Lm}{d} * 100 \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

LM=Lectura de mira mayor en metros (m) dentro de la estación.

Lm=Lectura de mira menor en metros (m) dentro de la estación.

d= Distancia horizontal entre los puntos donde se hicieron ambas lecturas (LM y Lm) en metros (m).

Orientación del terreno. Para determinar su magnitud, se utiliza como criterio el ángulo de apertura formado por el giro del eje a respecto

al eje b, en sentido contrario a las agujas del reloj. El eje b representa la dirección hacia el punto cardinal Este (figura 3). En consecuencia, a una superficie cuya pendiente máxima esté orientada cuarenta y cinco grados hacia el Noroeste (N 45° O), su orientación de terreno será identificada con 135°. En la figura 5, se presenta un resumen del cálculo de los índices morfográficos para los tres casos de superficies ideales; asumiendo un tipo de nivelación geométrica y un sentido de cálculo centrípeto (de afuera hacia adentro), criterios que fueron aplicados en cada uno de los sistemas edafogeomorfológicos estudiados.

Resultados y discusión

La aplicación sistemática del procedimiento metodológico antes expuesto, permitió la obtención de los resultados presentados en el cuadro 1. A partir de esta matriz de datos, se puede comprobar que el área muestra de Ortíz, presenta mayores desniveles internos y es de mayor pendiente que el área muestra de la UPI. Del mismo modo, dichos sistemas presentan una morfografía fuertemente convexa, expresada por magnitudes de dos o tres dígitos enteros del índice de formas del terreno. Por el contrario, en los sistemas mapeados en el área muestra de la UPI, los valores de dicho índice son muy bajos, correspondiendo a magnitudes del orden de las unidades, indicando este resultado que en dichos sistemas predominan las formas de terreno plano, exhibiendo los sistemas I y II superficies plano-cóncavas y plano-convexas, en forma asociada.

Por su parte, el sistema III presenta predominantemente una forma plano-convexa

Respecto a la orientación del terreno, los sistemas de Ortíz están expuestos al sureste (SE), observándose que en el sistema O₂ la orientación es compartida en las direcciones sureste (SE) y suroeste (SO); mientras que los sistemas delineados en la UPI, presentan orientaciones hacia las direcciones noroeste (NO) y suroeste (SO), con predominancia de la última (SO). Estos resultados permiten afirmar que las áreas muestras estudiadas son completamente diferentes entre sí en cuanto al subsistema forma del terreno, destacándose una gran complejidad morfográfica en el área de Ortíz, contrastando con la mayor uniformidad de la superficie del terreno en el área de la UPI.

Cuadro 1. Matriz de valores obtenidos para índices morfográficos que caracterizan la superficie del terreno en los sistemas edafogeomorfológicos estudiados en las áreas muestras en estudio.

Obs.	Áreas muestras											
	SEGM	Páramo de Ortíz				Or.	SEGM	Unidad de Producción Integrada				Or.
		Factor		Pendiente				Factor		Pendiente		
		R	F	MD	MX			R	F	MD	MX	
1		1.6	30.7	14	24.9	209		0.9	8	5	5.6	233
2		0.5	15.2	22.8	25.6	334		-0.4	-2.5	3.6	3.6	204
3		7	229.8	21.2	35.5	231		-0.6	-2.9	3	4.4	171
4		1.2	20.8	11.6	17.1	324		-0.7	-6	4.5	5.4	225
5	1	3.1	113.1	18.1	43.1	347	I	1.2	4.4	2.4	2.5	169
6		2.8	55.2	12.5	17.5	284		0.3	1.2	3.1	3.4	221
7		0.8	17.9	13.6	20.5	317		0.9	4.9	2.4	3.6	148
8		2.2	38.2	8.7	13.8	301		0.9	5	3	3.5	59
9		0.8	11.8	10.2	16.3	298		-1.6	-8.1	2.2	3.5	209
10		3.4	46.8	7.8	11.1	353		0.6	0.6	3.5	3.9	241
1		4.8	176.1	19.8	32	204		0.2	0.9	2.8	3	198
2		2.6	34	7.3	12	196		0.8	3.9	3.5	4.4	191
3		9.8	249.7	14.9	26.9	188		-0.1	-0.7	3.1	3.4	205
4		1.9	26.7	9.4	12.4	322		-0.3	-1	2.3	3.2	161
5	2	0.9	18.3	13.6	21	336	II	1.2	6.8	5.8	7.6	207
6		6	209.5	22.9	32.3	310		-1	-5.9	3.5	4.8	164
7		1.3	54.8	25.8	45.4	293		0.5	2.5	3.6	4.3	176
8		1.6	33.8	12.3	21.6	268		0.6	4.4	4.1	5.3	219
9		-0.2	-3.1	9	11.2	347		-1	-4.8	3.4	3.9	211
10		0.6	5.6	6.5	7.9	319		-0.1	-0.6	4.3	5.3	166
1		10	319.7	21.1	23.7	328		1.4	8.5	2.9	4.2	211
2		1.4	53	19.5	34.8	279		0.1	0.2	2.2	2.5	209
3		4	136.1	23.9	34.1	208		-0.4	-1.8	2.9	3.2	214
4		4	81.4	13.2	19.3	199		-0.4	-1.4	2.5	2.8	216
5	3	2	51.1	16.4	23.2	319	III	1.7	9.4	1.8	3.1	183
6		2.6	62	14.8	28	288		0.5	2.3	2.7	2.9	227
7		3.4	53.8	11.1	17.8	332		0.4	1.3	2.2	2.5	175
8		-3.4	-65.8	12.2	18.9	282		0.8	3.8	2.3	3.3	177
9		0.9	15.2	10.9	13.8	335		0.3	1.9	2.2	3.7	168
10		2.8	99	24.7	29.5	316		0.1	0.2	1.6	1.8	192

Obs.: Observaciones. SEGM: Sistemas edafogeomorfológicos. R: Rugosidad (cm/ml). F: Forma (cm/ml). MD: Media (%). MX: Máxima (%). Or.: Orientación (grados).

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos permiten destacar la importancia de disponer de una metodología de estudio de la forma del terreno útil para la cuantificación de variables morfológicas, (índices de rugosidad, forma y orientación del terreno), hasta ahora definidas en términos cualitativos.

La definición y aplicación de estos índices contribuyen con el estudio más detallado de la dinámica hidrológica y evolución pedológica de los sistemas edafogeomorfológicos que se localizan en las cuencas hidrográficas, toda vez que permitiría caracterizar y determinar sus patrones de líneas de flujo superficial, oblicuo y vertical.

Con base a la morfografía cuantitativa realizada, se pudo comprobar que los sistemas edafogeomorfológicos delineados en el área muestra de Ortíz, son más complejos que los ubicados en la UPI, mostrando los primeros

formas de terreno muy convexas y los segundos superficies uniformes con predominio de formas plano-cóncavas y plano-convexas y convexo-cóncavas aplanadas.

Estos índices pueden ser útiles para la definición de criterios complementarios a los establecidos por otras metodologías convencionales en relación con la evaluación y planificación del recurso tierra con fines de usos múltiples (agricultura de secano o riego, ingenieriles, agroforestales, agrosilvopastoriles, etc). No obstante, es pertinente aclarar que esta metodología sólo es válida para pequeñas áreas, a nivel de parcela, para planificar obras de riego y/o drenaje. Su aplicabilidad para grandes extensiones sería muy laborioso y no está comprobada la consistencia de sus resultados.

Literatura citada

1. Elizalde G. 1983. Ensayo de clasificación sistemática de paisajes. (Primera aproximación). Inst. Edaf. Agron. UCV. Maracay, Venezuela. 43 pp.
2. Evans, L. 1980. An integrated system of terrain analysis and slope mapping Z. for geomorphology M. F. Supplementhand. 36-274-295 pp.
3. Jaimes, E. 1985. Análisis de las relaciones geomorfología-suelo en las cuencas altas de los Ríos Aragua y Petaquire, Serranía del Litoral Central, Cordillera de la Costa. (Tesis de MSc.), Postgrado Ciencia del Suelo. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 167 pp.
4. González, A., R. Schargel y R. Arnold. 1973. Normas y especificaciones para los estudios de suelo de la División de Edafología. M.O.P. Caracas. 34 pp.
5. Mejías, J. 1992. Evaluación de la humedad edáfica e infiltración básica y su relación con parámetros morfográficos de sistemas pedogeomorfológicos delineados en áreas muestras de la subcuenca del río Castán, estado Trujillo. (Tesis de grado). Dpto. de Ingeniería, Núcleo Universitario Rafael Ángel, Universidad de los Andes. Trujillo, Venezuela. 200 pp.
6. Jaimes, E y G. Elizalde. 1991. Metodología par el estudio de la forma

- el terreno en sistemas pedo-geomorfológicos montañosos. *Agricultura Andina. Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. 6: 65-84.
7. Mendoza, J. 1992. Análisis pedo-geomorfológico de dos sectores de la subcuenca del río Castán, estado Trujillo (Tesis de grado). Departamento de Ingeniería, Núcleo Universitario Rafael Rangel, Universidad de los Andes. Trujillo, Venezuela. 145 pp.
8. Young, A. 1969. The accumulation zone on slopes. *Z. Geomorphology*. 3: 231-233.
9. Zevenbergenn L. and C. Thorne. 1987. Cualitative analysis of land surface topography. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 12: 47 - 56 pp.