

# ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS PARA LA OBTENCION DE LOS FACTORES TOPOGRAFICOS.

Fabio A SOLARI<sup>(1)</sup>, Alejandro E. PAOLINI, Juan SEGAT<sup>(1)</sup>

**RESUMEN:** Los datos L y S se obtienen por mediciones planialtimétricas realizadas a través de transectas o a través de planos con curvas de nivel, los cuales pueden ser hechos a partir de levantamientos taquimétricos o no taquimétricos como la nivelación areal. El objetivo de este trabajo consistió en determinar la relación existente entre las representaciones del terreno por taquimetría y por nivelación areal con respecto a la topografía real del terreno, para luego establecer si la pendiente media (S) hallada por el método de la transecta se ajusta al valor considerado como verdadero obtenido de una representación confiable. Se realizaron relevamientos planialtimétricos de una superficie de 20 Has. en Zárate, Bs. As., obteniéndose dos planos con curvas de nivel, uno por taquimetría y el otro por nivelación areal. Comparando las cotas con puntos de control, se estableció que la precisión altimétrica con que se pudo obtener la cota de un punto por interpolación de un plano en escala 1:1000 y equidistancia 0,25 m. hecho por el método taquimétrico es de 0,04 m. y por nivelación areal es de 0,10 m., por lo cual solo cumple con los estándares el primero. El método taquimétrico presentó una varianza menor, haciéndolo más confiable. Se calculó la S a través del plano más confiable y se comparó con la calculada por el método de las transectas, sin hallarse diferencias significativas entre ambos métodos, recomendándose el uso del segundo método en los casos donde no sea necesario un relevamiento topográfico completo y en condiciones de relieve similares a las del ensayo.

**PALABRAS CLAVES:** Factores topograficos, Pendiente media, Topografía

**ABSTRACT:** The factors L and S are obtained by plani-altimetry measurements performed in the site of study by drawing profiles or by using contour line maps, which can be fulfilled through tachymetrical survey, or by grid levelling method. The aim of this work was to determine the accuracy of land representations by tachymetry and by grid levelling method compared to the real topography of the land, so as to be able to determine if the one calculated by cross section method, not finding significant differences between both methods. So the use of the second method is advisable in conditions that are similar to the one of study and when there is no need to do a complete topographical survey.

**KEYWORDS:** Topographical factors; Mean gradient; Surveying

**INTRODUCCION:** La importancia de conocer la topografía del terreno antes de estudiar los procesos que sobre él ocurren, se debe a que todos ellos se ven afectados, de una forma u otra, por el relieve<sup>(1)</sup> Ingeniero Agrónomo. Dep.de Ingeniería Rural. Facultad de Agronomía. Univ. de Buenos Aires. Argentina. Se ha propuesto a la catena como unidad elemental de funcionamiento de suelo, ya que el relieve condiciona la redistribución de materia y energía

---

<sup>(1)</sup>Ingeniero Agrónomo. Cátedra de Topografía. Departamento de Ingeniería Rural. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

(Milne,1935). El tamaño y al cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión dependen de la velocidad con que ésta fluye, la cual a su vez es resultante de la longitud (L) y el grado (S) de la pendiente del

terreno (Liu et al., 1994). Estos parámetros topográficos son utilizados por especialistas en hidrología y en manejo y conservación de suelos. Están incluidos en ecuaciones para el cálculo de las pérdidas de suelo (Wischmeier & Smith, 1965), como para la estimación de hidrogramas (Sheridan, 1994). Los datos L y S se obtienen por medio de mediciones planialtimétricas realizadas en la zona de proyecto, a través de perfiles o transectas (Wischmeier, Smith, 1978;), o a través de planos con curvas de nivel (Brinker, Wolf, 1982) que pueden ser realizados a partir de levantamientos taquimétricos (Muller, 1953) o no taquimétricos como la nivelación areal o método de la grilla (Marelli et al., 1993). Estos métodos de obtención de los parámetros topográficos presentan ventajas e inconvenientes relativos. La obtención de valores de cota y de pendiente media a través de mediciones directas a campo o a partir de un plano con curvas de nivel, plantea el interrogante de cuales son los límites de utilización de los métodos más simples de determinación, comparados con los valores obtenidos a partir de mediciones más exactas. El objetivo de este trabajo consiste en determinar la relación existente entre las representaciones del terreno por taquimetría y por nivelación areal y la topografía real del terreno, para luego establecer si la pendiente media (S) obtenida a partir del método de la transecta se ajusta al valor considerado como verdadero obtenido de una representación confiable.

**MATERIALES Y METODOS:** Los relevamientos fueron realizados con un nivel de anteojo de tercer orden y miras centimetradas, en una superficie de aproximadamente 20 has. en Zárate, Buenos Aires. El relieve es ondulado con típicas barrancas en las adyacencias a cursos de agua. Los planos con curvas de nivel se realizaron a partir de dos levantamientos planialtimétricos: por el método taquimétrico y por el de nivelación areal. La taquimetría con nivel se desarrolló según el modelo de estaciones distribuidas en tresbolillos (Solarí & Rosatto, 1990). Los puntos acotados básicos por estación fueron 48, distribuidos en secuencia radial con respecto a la estación, para obtener una cobertura homogénea con una densidad aprox. de un punto cada 3600 m<sup>2</sup>, valor que disminuye al incluir los puntos singulares, característicos de los cambios de pendiente. El plano fue realizado en escala 1:1000 y equidistancia= 0,25 m. El segundo plano, en igual escala y equidistancia, fue realizado a partir de datos obtenidos por el método de la cuadrícula, tomando puntos distribuidos en cuadrados de 50 por 50 m. (Prieto, Berdini, 1991). Así, la densidad de relevamiento fue de un punto cada 2500 m<sup>2</sup>, distribuidos de forma homogénea pero sin considerar los puntos singulares de cambio de pendiente. Con el fin de determinar el error medio cuadrático (m) en la ubicación altimétrica de un punto, para comparar las diferencias entre los planos con curvas de nivel realizados por los dos métodos de relevamiento, se realizaron en el terreno 7 líneas al azar, de manera que sus puntos pudieran ser ubicados en ambos planos. Se relevaron 100 puntos de control, obteniéndose su cota en forma directa en el terreno, tomando este valor como "verdadero" (Lopez-Cuervo, 1993), a fin de compararlos con los surgidos de la interpolación en cada uno de los planos. En cuanto a la obtención del parámetro pendiente media (S), se calculó en primera instancia a través del plano que representaba más fielmente el terreno, a través de la metodología recomendada por el CIDIAT (1980), donde  $S = (Lcn \times E / A)$ ; siendo Lcn la long. de cada curva de nivel, E la equidistancia y A la superficie involucrada. El método de las transectas consiste en la realización de perfiles longitudinales, radiales o paralelos siguiendo la geomorfología, en número tal que cubran toda la unidad (Scotta, Paparotti, 1989). Estos perfiles se ejecutaron tomando puntos cada cincuenta metros, comenzando desde la divisoria de aguas hasta la vaguada, para obtener el valor de L de cada perfil. La (S) se calculó como el promedio de las pendientes de cada uno de los tramos que conforman el perfil (Berdini, 1988).  $S = (\text{pendientes de cada tramo} / \text{n}^\circ \text{ tramos})$ .

**RESULTADOS Y DISCUSION:** Resultados del cálculo del error medio cuadrático (m): El (m) es un estimador de precisión que realza la significación de los errores de mayor valor absoluto. Se estableció su valor para cada método según la fórmula  $m = ((\sum y^2 / n - 1))^{1/2}$  obteniéndose  $m \text{ Taquimetría} = \pm 0,04 \text{ m}$ .  $m \text{ Niv. Areal} = \pm 0,10 \text{ m}$ . Según Jordan (1961) el valor de m teórico en este caso debería ser de  $\pm 0,04 \text{ m}$ , en tanto el correspondiente según el CAC (1992) sería de  $\pm 0,08 \text{ m}$ . El valor de m obtenido a partir del plano de

nivelación areal excede los valores teóricos recomendados por los estándares de confiabilidad. Las diferencias entre cota real e interpolada del plano de nivelación areal exceden el máximo error admisible o tolerancia en el 10% de las observaciones, mientras que en los correspondientes al levantamiento taquimétrico sucede en sólo el 1% de los casos. Se procedió a un análisis de varianza de las diferencias entre las cotas reales de los puntos y las obtenidas de cada plano, obteniéndose que ambas varianzas son significativamente diferentes, siendo el valor en taquimetría de 0,002 y en nivelación areal de 0,011. Esto confirmaría la hipótesis que no todos los puntos del terreno tienen el mismo valor de representación. Quedaría planteada la alternativa de aumentar la densidad de acotamiento reduciendo la distancia de la cuadrícula a fin de poder utilizar este método satisfactoriamente. Resultados del cálculo de la pendiente media (S) Se dividió la parcela de ensayo en 11 unidades, de las cuales se obtuvieron 2 valores de S, uno por el método de las transectas y el otro a partir del plano con curvas de nivel taquimétrico supuesto como el valor "verdadero". Se verificó a través del estadístico T la inexistencia de diferencias significativas a nivel de los valores medios. Posiblemente han actuado a favor de esta homogeneidad entre los métodos la pendiente suave y en una sola dirección del terreno del ensayo, del orden del 2%. Al dividir cada transecta en segmentos (Scotta et al, 1986), se asegura la fidelidad de representación. Por otro lado, al poder elegir en el terreno las direcciones de las transectas, es de suponer que éstas son representativas de la conformación geomorfológica. Cuando las pendientes son complejas o anormalmente largas, los valores de L y S obtenidos como el promedio de los gradientes presentes no son confiables (García Perchac, 1992). Esto se debe a que Meyer y Kramer (1968) demostraron que ocurre más erosión en las pendientes convexas que en las cóncavas, a igualdad de longitud y gradiente promedio. Esta diferencia de geoforma sólo podría ser apreciada a través de un plano con curvas de nivel, y no por el método de los perfiles, ya que éstos no tienen ubicación planimétrica. Es por esto que la pendiente media no es el único parámetro para caracterizar el relieve del terreno, y que el plano con curvas de nivel brinda información detallada acerca de la configuración del terreno).

**CONCLUSIONES:** Se estableció que la precisión altimétrica con que se pudo obtener la cota de un punto por interpolación de un plano en escala 1:1000 y equidistancia 0,25 confeccionado por el método taquimétrico es de 0,04 m. y por nivelación areal es de 0,10 m., por lo cual solo cumple con los estándares nacionales e internacionales el primero de ellos. Asimismo el método taquimétrico presentó una varianza menor, haciéndolo por lo tanto más confiable. En cuanto al cálculo del parámetro S, no se hallaron diferencias significativas entre el método de las transectas y el de medición sobre planos de curvas de nivel, recomendándose entonces el uso del primer método en los casos donde no sea necesario un relevamiento topográfico completo y en condiciones de relieve similares a las del ensayo. Queda establecer si esto es válido en lotes con pendientes compuestas y más abruptas

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- :Milne, G. 1935. Composite units for the mapping of complex soil associations. Trans. 3rd Int. Congress Soil Sci, 1:345-347.
- Berdini, W. 1988. Proyecto de sistematización y construcción de terrazas para control de la erosión hídrica. INTA. AER San Nicolás. 12 pp.
- Brinker, R.C.; P.R. Wolf. 1982. Topografía Moderna. Harla S.A. 6ª edición. 542 pp.
- Burdick, D.M., Mendelsohn, T.A. 1987. Waterlogging responses in dune, swale and marsh population of *spartina patens* under field conditions. *Oecología*. 74:321-329.
- Dix, R.L., Smeins, F.E. 1967. The prairie, meadow, and marsh vegetation of Nelson County. *Can. Jour. Bot.* 45:21-58.
- Khanbilvardi, R.M.; A.S. Rogowski. 1984. Mathematical model of erosion and deposition on a watershed. *Transactions of the ASAE*. 27 (1) pp. 73-79
- López-Cuervo S. 1993. Topografía. Ed. Mundiprensa. Madrid. 1ra edición

- Menges, E.S., Waller, D.M. 1983. Plant strategies in relation to elevation and light in floodplain herbs. *Am. Nat.* 122:454-473
- WhiteBehr Menéndez, G. y otros; 1977. Comunicación: Desarrollo y actividades de un programa de conservación de suelos en el sector oeste de la cuenca del Río Carcarañá (Prov. Córdoba y Santa Fe). *Actas de la 6ta Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo.*
- BelÇaguy-Levin; 1965. El acondicionamiento de terrenos con fines de riego, desagüe y conservación. *Boletín técnico informativo No5. FAUBA.*
- Berdini, W.; 1991. Sistemas de terrazas para el control de la erosión hídrica. (Jomada de la AACS). Programa Suelos. Documento N°7
- Brinker y Wolf, 1982. *Topografía Moderna (6ta Edición) México*, pag. 260 - 271.
- Centro Argentino de cartografía; 1992. *Boletín N°1.*
- Comastri, J.A. y Tuler, J.C.; 1990. Sistematización de terrenos. Cap. VII Topografía-Altimetría. Editorial Universidad Federal Vicosa, M.Geraes
- Dominguez-García Tejero; 1958. *Topografía general y agrícola. 2da edición.* Firmenich, V.; 1985. Levantamiento taquimétrico de San Pedro, FAUBA.
- Firmenich, V.; 1987. Curvas de nivel. *Bol Técnico N°2. FAUBA*
- Hourcade, M.; 1990. Levantamientos Planialtimétricos no Taquimétricos, FAUBA. IGM Carta Topográfica 3560-12-3, Moreno, escala 1:50000
- Jordan, W.; 1961. *Tratado Gral. de Topografía. Tomos I y II* pag. 6-8 y 311 -312. Kruschewsky
- Pinto, L. E.; 1992. *Curso de Topografía. Cap. 9 "Taquimetría"* pag. 242-254. Centro editorial didáctico da UFBA (Universidad Federal da Bahía). Li, J.; *Statical inference. Vol I, Capitulo VIII*, pag. 1-12. Little,
- Thomas; 1976. *Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. México.* Lopardo,
- Antonio; 1966. *Topografía.*
- Marelli, H.; 1980. Cultivos en contorno y en terrazas *Hoja Informativa No47*
- Marcos Juarez. Marelli, H.; 1984. Evaluación de la erosión hídrica en suelo labrado. *Ciencia del Suelo* 2(1):69-77i
- Müller, R. 1953. *Taquimetría y Confeción de Planos. Compendio General de Topografía Teórico Práctica, Tomo III, Vol. 2.* pag. 167 -168.
- Prieto, G y Berdini, W.; 1991. Proyecto de Agricultura Conservacionista. Sistematización de Suelos. Relevamientos Topográficos. E.E.A. INTA Arroyo Seco- San
- Nicolás. Solari, F y Rosatto, H.; 1990. Modelo de distribución de estaciones yf the mean gradient (S) obtained from cross section method adjust to the value considered true, taken from a reliable representation. The study was made using a third order tripod level and levelling rods with centimeter division, in a field of aproximated 20 hectares, in Zarate, Buenos Aires (Argentina). The contour maps were made by two different topographical surveys: tachymetrical survey method and grid levelling method. Through a comparison between the elevation of 100 stakes check points, it was established that the altimetric precision with which a point could be obtained by interpolation of a map in scale 1:1000 and equidistance 0.25 m made by tachymetrical method is of  $\pm 0.04$  m , where as by grid levelling method the result was  $\pm 0.10$  m. Therefore, only the first one is accepted by national and international standards. The tachymetrical method also presented a smaller variance, which makes it more reliable. Besides, the mean gradient S was calculated through the most reliable map, and was compared wit meters for Flatland Watersheds. *Transactions of the ASAE; vol 37(1): 103-113. & 3A Mira 24, 8-16*
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. USDA. *Agricultural Handbook N° 537, j*