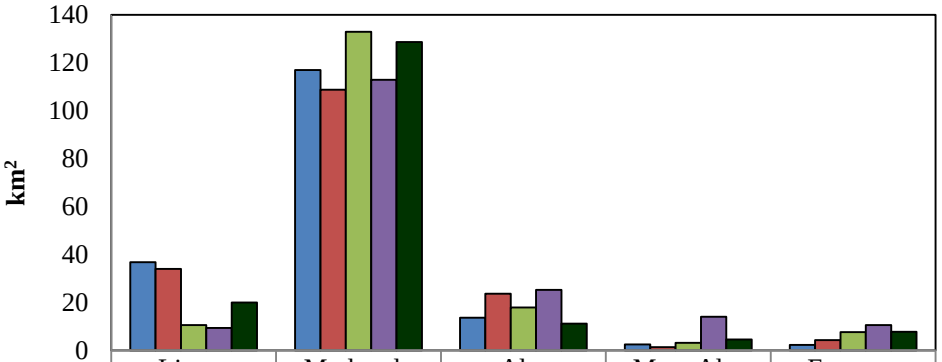
la zona norte, en la cual el fenómeno se ha extendido en los últimos 60 años por prácticas de manejo de las tierras como por su propia constitución litológica.

Como se observa en el registro de 1956 (Figura 42; Figura 43a) solo había una área afectada en riesgo extremo de 2,29km^2, la cual se incrementó para 1980 (Figura 42; Figura 43b) en 2 km^2, actualmente hay un área degradada de 7,64 km^2 (Figura 42; Figura 43c). La mayor área se concentra en la categoría moderada desde 1956 hasta 2009, aunque hay una pérdida de área en categoría ligero entre los años 1980 y 2009, con un incremento en categoría moderado para el mismos periodo, lo cual se explica este cambio por incremento de actividades agrícolas y de explotaciones de materiales de construcción (Planeación municipal 2005; Planeación municipal, 1999).

Realizando dos escenarios para determinar el área afectada por erosión, se encontró que si no se toma una medida de control de erosión, esta incrementa el área afectada en las categorías de riesgo alto (7,38 km^2), muy alto (10,92km^2) y extremo (2,89km^2), para los años de 2009 (Figura 43c) a 2020 (Figura 43e) , caso contrario, al ejecutar alguna medida de control de la erosión para los años (Figura 43c) a 2020 (Figura 43d), se recuperan algunas áreas, como las que están en riesgo alto, moderado y ligero, aunque, las zonas más degradadas, no presentan una rehabilitación, lo cual sugiere, que las medidas de control (reforestación) no fueron suficientes para reducir la erosión, o, que se necesita más tiempo para observar resultados más favorables, siendo aún preocupante percibir la baja tasa de rehabilitación de aquellas áreas afectadas, siendo estas áreas prioridad en un proceso de conservación. Sin embargo, como se refiere Lange y Bishop (2005) la visualización constituye una herramienta para el conocimiento y el entendimiento de los cambios que sufre un ambiente determinado o el paisaje, advirtiendo las transformaciones antes que ocurran, y a la vez un instrumento para interrelacionar con las personas en su entorno natural para la toma de decisiones.

Figura 42 Áreas grado de erosión en diferentes años



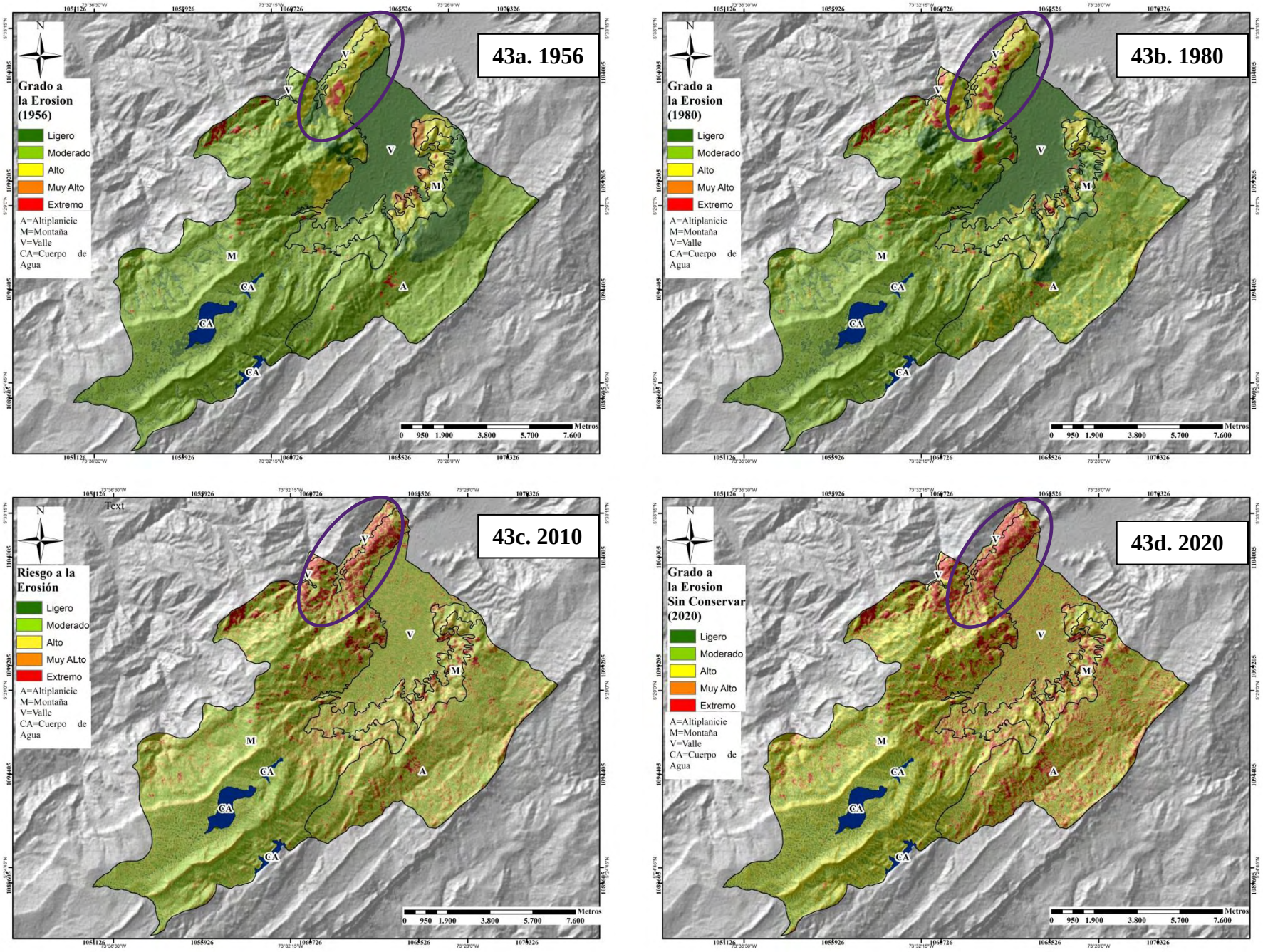
	Ligero	Moderado	Alto	Muy Alto	Extremo
1956	36,80	117,00	13,59	2,44	2,29
1980	34,00	108,80	23,67	1,36	4,29
2009	10,55	132,93	17,87	3,14	7,64
2020	9,38	112,91	25,25	14,06	10,53
2020c	20,00	128,66	11,15	4,57	7,75

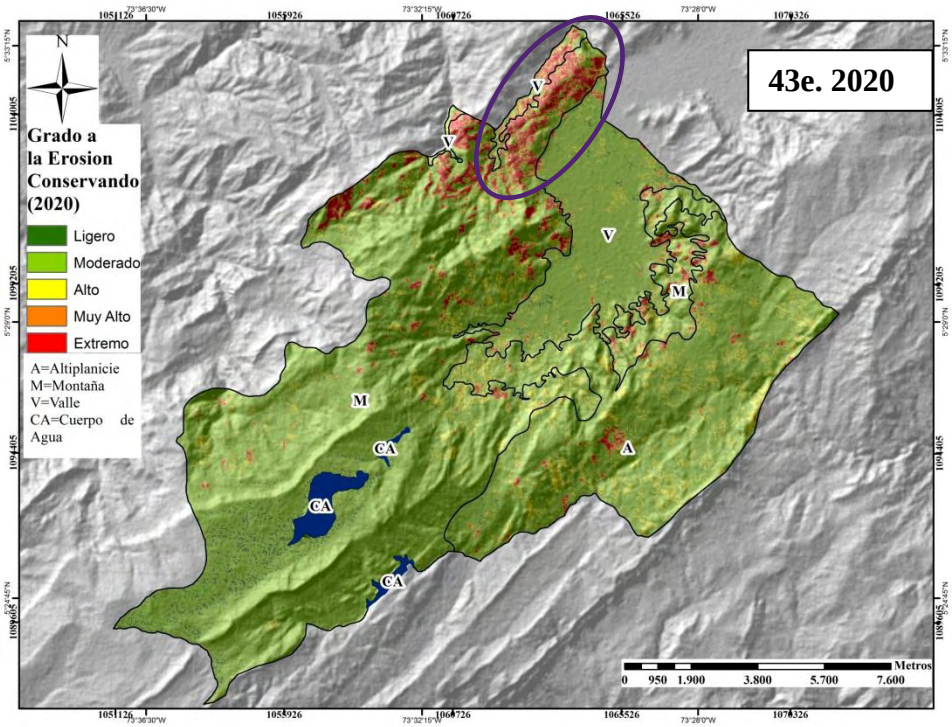
c= conservación

La visualización de datos espaciales, es usada para exhibir patrones con sus interacciones y la dinámica de los fenómenos donde estos son representados, como una dimensión espacial y temporal, permitiendo al usuario final tener criterios de decisión sobre su manejo. La visualización, da una respuesta a las necesidades en el manejo de escenarios, para mejorar los beneficios en los resultados de análisis de información geoespacial para realizar acciones que reduzcan su riesgo (Koua, 2005).

En trabajos realizados en cambio climático, como la degradación de los suelos y el deterioro de los ecosistemas, evaluando la magnitud y el riesgo en la pérdida de la calidad de los suelos y su biodiversidad, la visualización ha permitido dar con algunas posibles soluciones como efecto de los incendios en los ecosistemas y su recuperación, consecuencias de diferentes manejos, factores de riesgo en la invasión de especies exóticas y de eventos de inundaciones e incendios (Mansergh *et al*., 2008; Cavens, 2005). En escenarios agrícolas ha otorgado información acerca de decisiones para adoptar en la reducción de costos, mejorar beneficios y compensaciones de acuerdo a los objetivos trazados sobre el medio ambiente bajo alternativas políticas. Sin embargo, no hay opción dominante y la elección obvia para una estratégica planeación regional, conduciendo a una toma de decisiones de orden político aquellas basadas en la experiencia (Bryan *et al*., 2008, Brunckhorst *et al*., 2008).

Figura 43 Análisis temporal de la erosión en el MDE SRTM





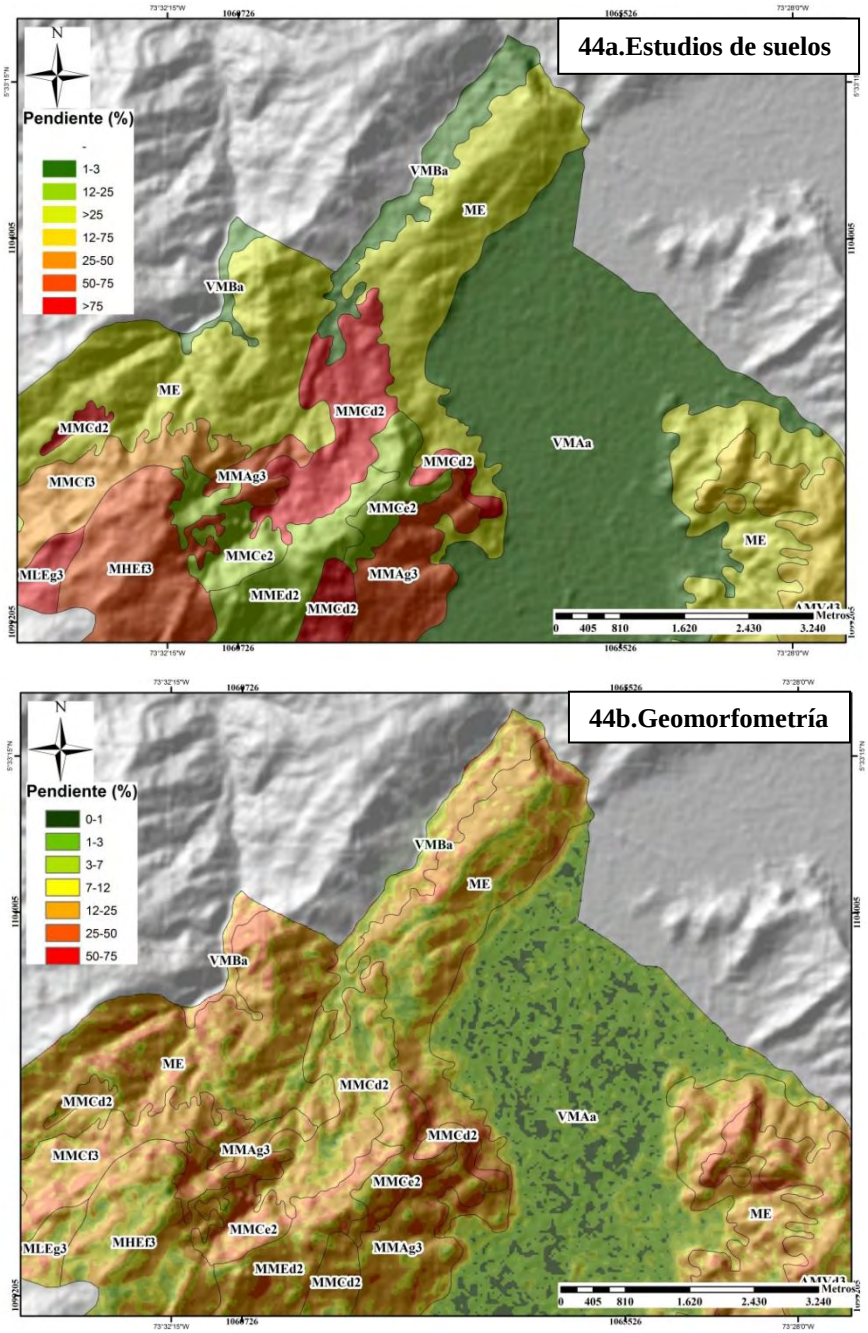
5.3.4 Evaluación y aplicación del modelo

De acuerdo con los resultados obtenidos en el modelamiento de la erosión, el modelo SRTM presenta una mayor exactitud respecto a los modelos ASTER y curvas de nivel. Con respecto al modelo ASTER, presenta una menor exactitud vertical, conllevando a una sobreestimación de sus parámetros. Además, en zonas con perturbaciones atmosféricas (nubes), la estereoscopia es de baja confiabilidad, generando errores en la estimación de la elevación (Kervyn *et al*, 2008). En cuanto al modelo de curvas de nivel sus limitaciones están dadas por, su baja exactitud vertical y errores en los procesos de digitalización, perdiendo representación del terreno (Kamp *et al*, 2005).

Munar (2010) y López (2006) han encontrado que MDE con una resolución de 30 metros, son adecuados como fuente de información para realizar una evaluación de tierras, el cálculo de parámetros del relieve y clasificación de formas del terreno en escala media. Esta resolución es particularmente útil para discriminar formas del relieve en zonas empinadas y montañosas, para zonas con menores variaciones de relieve se requiere una mayor resolución. En trabajos realizados por Munar (2010) en la evaluación de tierras, recomienda el uso del MDE SRTM de 30 metros por el mayor detalle en la variabilidad espacial del relieve.

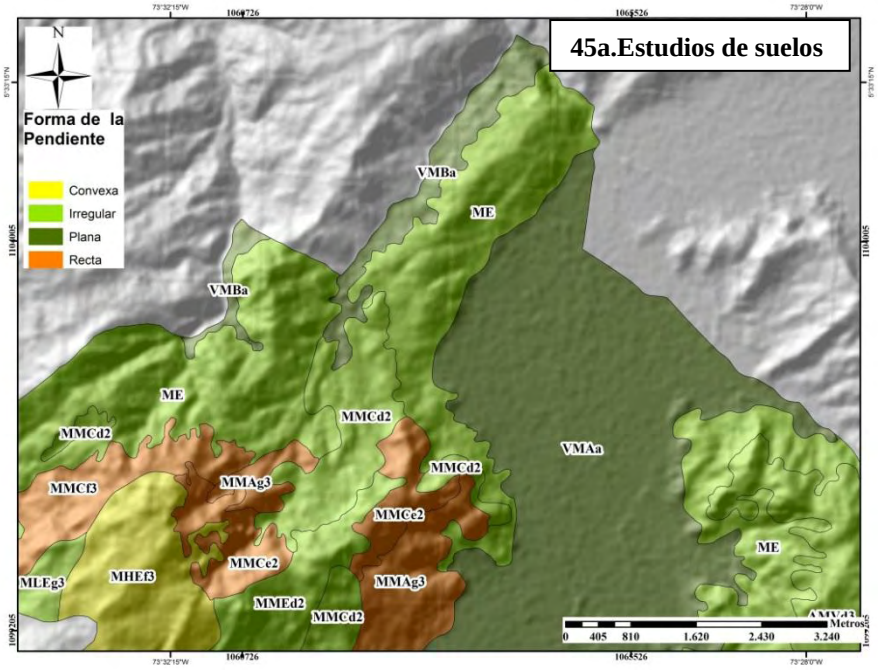
En los estudios tradicionales no se considera la variabilidad espacial de las variables de terreno, como se presenta en la Figura 44a, donde se toma la pendiente de forma generalizada, caso contrario con la aplicación de la geomorfometría como se muestra en la Figura 44b, que contempla la variabilidad del terreno, permitiendo una representación más cercana a la realidad; además, con la geomorfometría se discriminará otras unidades de suelos por fase de pendiente, facilitando su análisis.

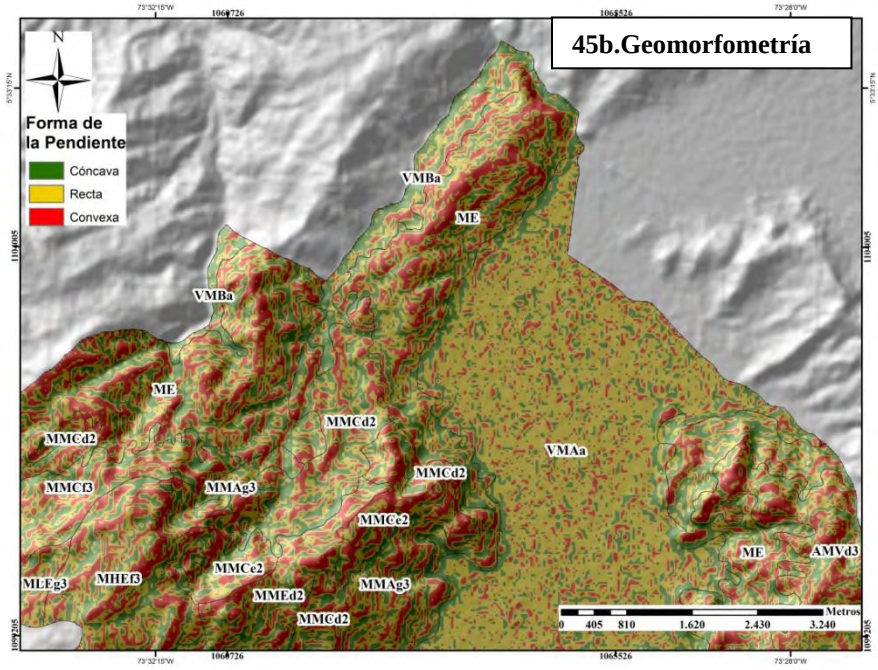
Figura 44 Comparación de la pendiente mediante métodos tradicionales y geomorfometría



La forma de la pendiente se muestra en los estudios tradicionales (Figura 45a) de manera simple, sin considerar la complejidad que representa en el paisaje. Caso contrario lo evidencia el análisis con la geomorfometría (Figura 45b), que permite detallar esta característica de terreno. Se observa que el estudio de suelos no contempla una forma cóncava en el área de estudio, como si lo hace la geomorfometría.

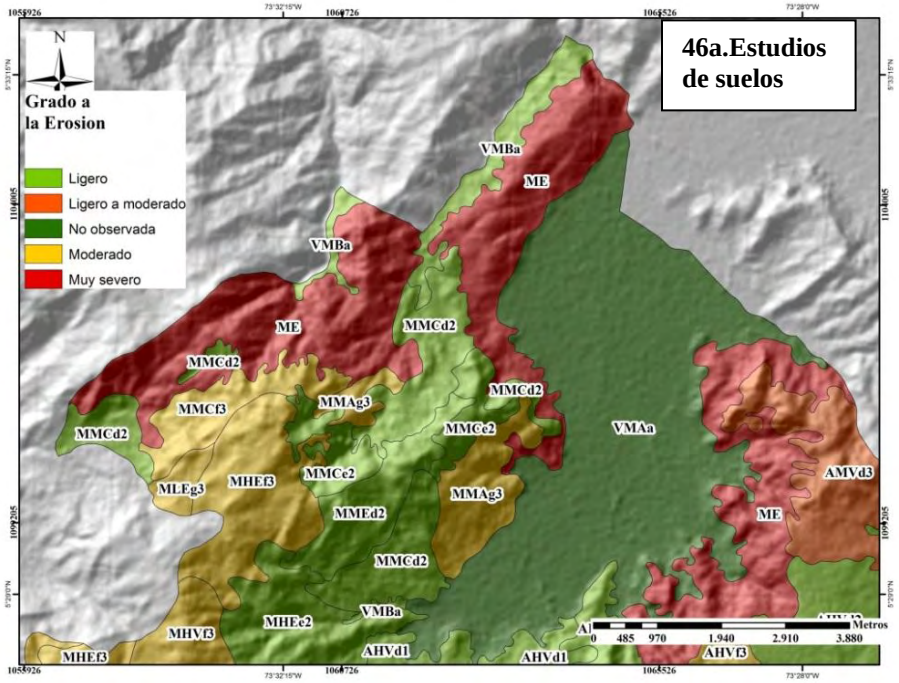
Figura 45 Comparación de la forma de pendiente mediante métodos tradicionales y geomorfometría

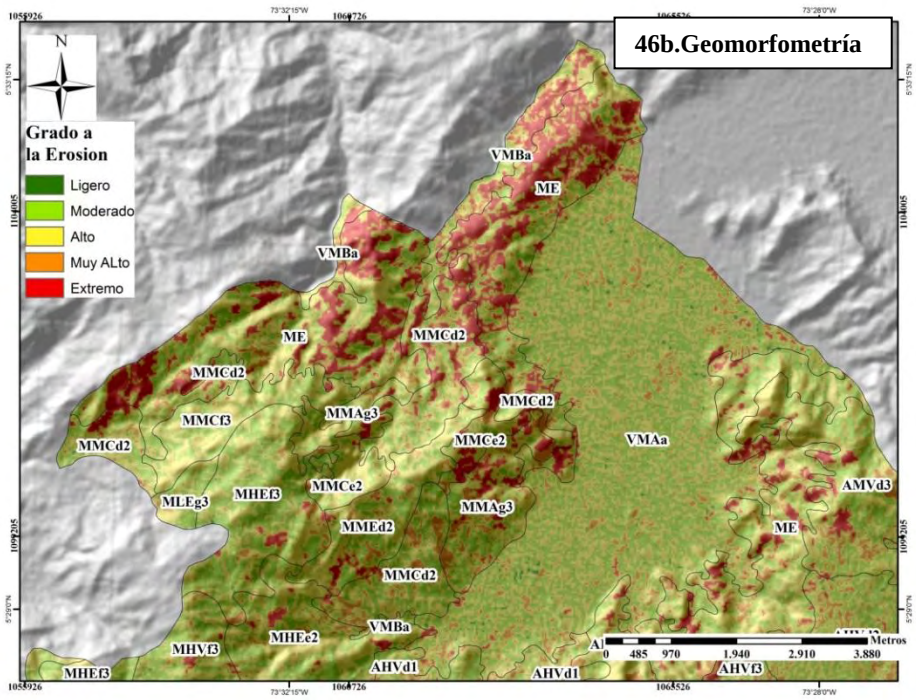




La estimación de la erosión se realiza mediante una valoración visual en los métodos tradicionales (Figura 46a), sin considerar los efectos del terreno en la erosión, mostrando grandes áreas afectadas. Con geomorfometría (Figura 46b) se muestra la variabilidad espacial que presenta este fenómeno, coinciden en las zonas que se presenta las máxima ocurrencia.

Figura 46 Comparación del grado de erosión mediante métodos tradicionales y geomorfometría



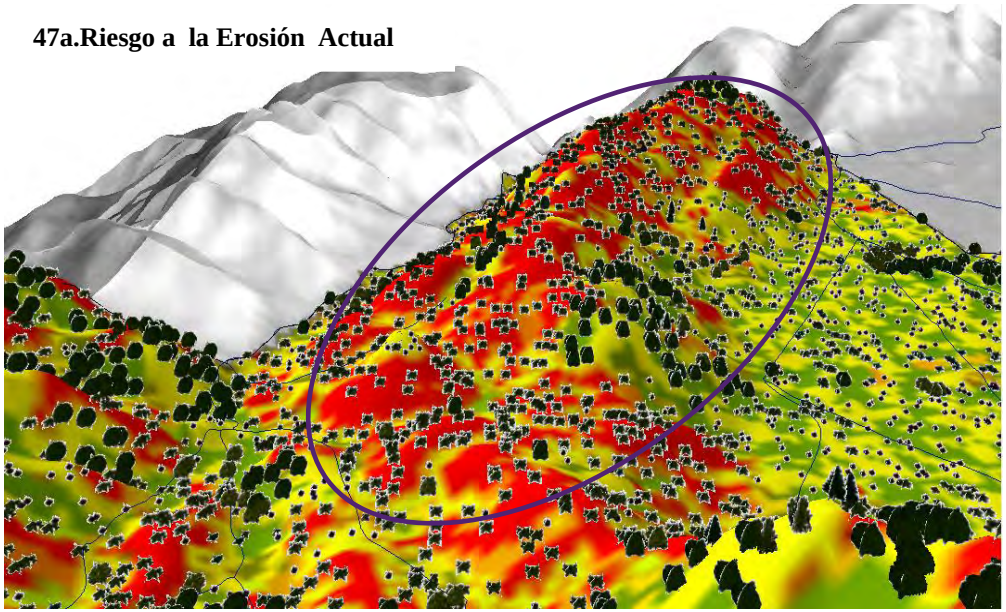


Actualmente, el uso de los MDE adquiere una gran importancia para la evaluación de tierras, clasificación de formas del terreno, erosión, inundaciones, erupciones volcánicas, entre otras; ya que permiten realizar un análisis cuantitativo y objetivo (Munar, 2010; Kervyn *et al*, 2008;López, 2006). López (2006), muestra la relación entre las formas del terreno clasificadas mediante los MDE y los contenidos pedológicos, encontrando la asociación existente entre las formas del relieve delimitadas y el tipo y propiedades de los suelos, como alfisoles en un 46% en las zonas de crestas y laderas convexas (*Haplustalfs* típicos, verticos y líticos), un 24% para entisoles (*Ustorthents líticos*) y el 30% a vertisoles (*Haplusterts* típicos y líticos). En las zonas planas el 74% de los suelos son vertisoles (*Haplusterts* y *Calciusterts* Típicos), el 19% son alfisoles (*Haplustalfs* Típicos y calcídicos).

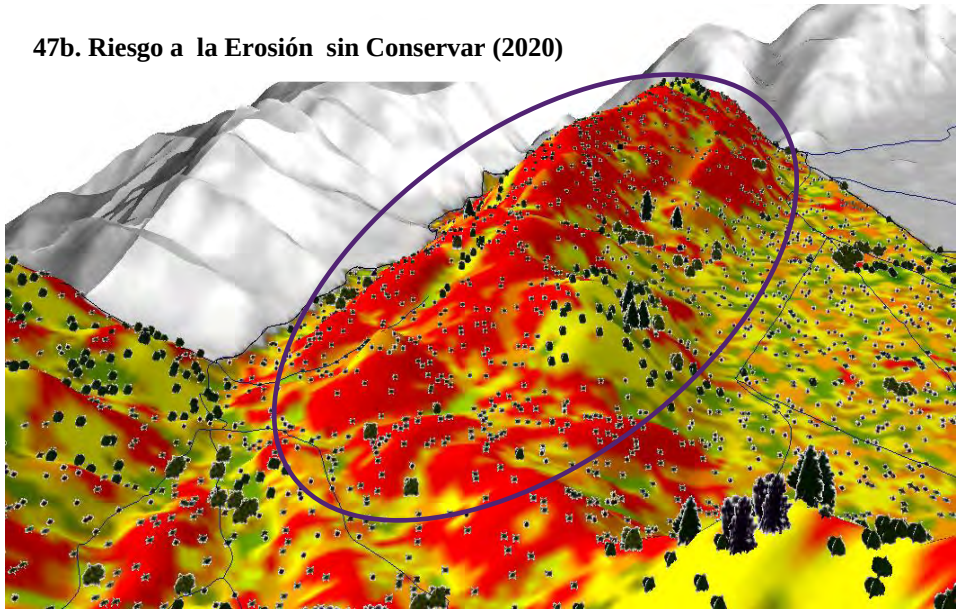
Las Figuras 47 presentan una vista en 3D de una zona del municipio en diferentes categorías de riesgo a la erosión y una panorámica del estado actual de la erosión. La Figura 47a muestra la erosión actual estimada por geomorfometría, para el año 2010. El escenario sin conservar proyectado a 20 años, soportado por la visualización espacial evidencia, el grado de deterioro (Figura 47b). Para el escenario conservacionista proyectado a los 20 años muestra un estado de recuperación de la zona, pero aun con problemas graves por la erosión (Figura 47c). Y por último se muestra una fotografía que indica el estado actual de la zona (Figura 47d).

Figura 47 Visualización espacial de Erosión Hídrica del municipio de Samacá

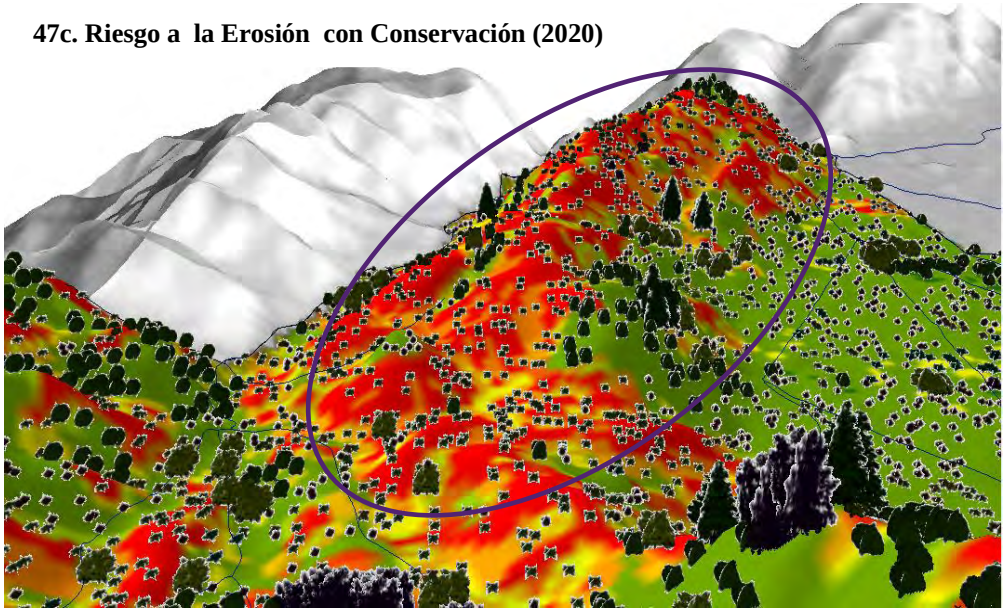
47a.Riesgo a la Erosión Actual



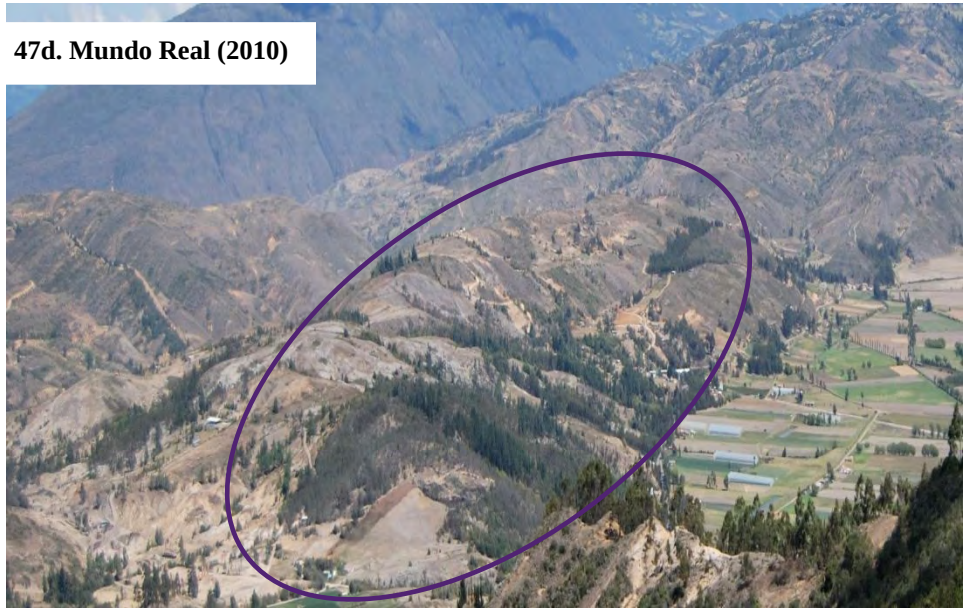
47b. Riesgo a la Erosión sin Conservar (2020)



47c. Riesgo a la Erosión con Conservación (2020)



47d. Mundo Real (2010)



6. CONCLUSIONES

Los modelos digitales de elevación permitieron una caracterización cuantitativa del relieve, siendo útiles para el modelamiento de la erosión.

De los tres modelos evaluados el SRTM de 30 presentó una mejor representación de las características del relieve, considerándose más apropiados para el modelamiento de la erosión. El modelo ASTER presento una alta variación en la elevación para el área de estudio, principalmente en la zona plana, incidiendo directamente en los parámetros que se estiman por la elevación. Esa variación no corresponde con la realidad, ya que se trata de un valle con pendientes bajas

El desarrollo del modelo de visualización permitió generar escenarios (conservación y no conservación) para el modelamiento de la erosión, dando posibilidad de ver su avance en el tiempo y el espacio.

Los MDE constituyen una fuente eficiente, económica y útil para el desarrollo de aplicaciones, en temas ambientales, hidrológicos, uso y manejo de tierras, se recomienda hacer uso de otras fuentes de datos de elevación para diferentes estudios, colo lo son los datos LIDAR.

La evaluación del modelo de visualización de erosión en la zona de estudio, permitió observar las áreas con mayor riesgo a la erosión, y así establecer territorios de prioridad de manejo para su conservación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abrams, M. 2000. ASTER: data products for the high spatial resolution imager on NASA's EOS-AM1 platform. International Journal of Remote Sensing. 21,. 847–861.

Alatorre, L.C., S. Beguería. 2009. Identification of eroded areas using remote sensing in a badlands landscape on marls in the central Spanish Pyrenees. Catena. 76, 182–190

Andrienko, N. G., P. Gatalsky. 2000. Mapping spatio-temporal data for exploratory analysis. Geo-informatics Magazine. 3, 43-49.

Böhner, J., T. Selige. 2007. Spatial prediction of soil attributes using terrain analysis and climate regionalisation. Göttinger Geographische Abhandlungen. 115, 13-27

Bolch, T., U. Kamp. 2006. Glacier Mapping in High Mountains Using DEMs, Landsat and ASTER Data. Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung Band. 41, 37-48

Bolongaro-Crevenna, A., V. Torres-Rodríguez, V. Soranic, D. Framed, M. A. Ortize. 2005. Geomorphometric analysis for characterizing landforms in Morelos State, Mexico. Geomorphology.67, 407–422

Brovelli, M.A., U. M. Longoni, M. Cannata. 2004. LIDAR data filtering and DTM interpolation within GRASS. Transactions in GIS. 8, 155–174.

Brunckhorst, D. J.; Reeve,I.; Morley, P.; Bock, K. 2008. Strategic Spatial Governance: Deriving Social–Ecological Frameworks for Managing Landscapes and Regions. In: In: Pettit, C., W. Cartwright, I.D. Bishop, K. Lowell, D. Pullar, D. Duncan.2008.Landscape Analysis and Visualisation Spatial Models for Natural Resource Management and Planning. .Springer pp 254-275

Bryan, B. A., N. D. Crossman, D. King, D. 2008. Analysing Landscape Futures for Dry land Agricultural Areas: a Case Study in the Lower Murray Region of Southern Australia. In: In: Pettit, C., W. Cartwright, I.D. Bishop, K. Lowell, D. Pullar, D. Duncan.2008.Landscape Analysis and Visualisation Spatial Models for Natural Resource Management and Planning. .Springer pp 408-434

Cavens, D. 2005. Applications in the forest landscape. In: Bishop, I. D., E. Lange. 2005. Visualization in Landscape and Environmental Planning. Taylor & Francis. pp 93-100

Chang, K.T. 1991. The effect of MDE resolution on slope and aspect mapping. Cartography and GIS.18, 69-77.

Crampton, J. W. 2002. Interactivity types in Geographic Visualization. Cartography and Geographic Information Science. 29, 85-98.

Deng, Y., J. P. Wilson, B. O. Bauer. 2007. DEM resolution dependencies of terrain attributes across a landscape, International Journal of Geographical Information Science. 21(1–2), 187–213.

Dobos, E., T. Hengl. 2009. Soil Mapping Applications. In: Hengl, T., H. Reuter. 2009. In: Geomorphometry: Concepts, Software, Applications Developments in Soil Science Volume 33 Elsevier. 461-479

Dykes, J. 2005. Facilitating Interaction for Geovisualization. In: Dykes, J., A.M MacEachren, M.J. Kraak. 2007. Exploring Geovisualization. Elsevier. pp. 265-291

Ehsani, A.H, F. Quiel. 2009. A semi-automatic method for analysis of landscape elements using Shuttle Radar Topography Mission and Landsat ETM+ data. Computers & Geosciences. 35, 373–389.

Evans, I.S., T Hengl, P. Gorsevski. 2009. Applications in Geomorphology. Pages: 497-525. Hengl, T., H. Reuter. 2009. Geomorphometry Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science. Volume 33. pages 776

FAO, 1997. Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. (Boletín de Suelos de la FAO - 68).. N.W. Hudson Silsoe Associates Ampthill, Bedford Reino Unido. FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma 1997.

Famiglietti, J.S. J.W. Rudnicki, M. Rodell. 1998.Variability in surface moisture content along a hillslope transect: Rattlesnake Hill, Texas. Journal of Hydrology.210, 259–281

Fernández, S., J. Marquínez, R. Menéndez-Duarte. 2008. A sapping erosion susceptibility model for the southern Cantabrian Range, North Spain. Geomorphology.95, 145–157

Florinsky, I. V. 2008. Applications of Terrain Analysis. Global Lineaments: Application of Digital Terrain Modelling. EN: Advances in Digital Terrain Analysis. Qiming Zhou · Brian Lees · Guo-an Tang (Eds.) Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

Florinsky, I.V. 1998. Combined analysis of digital terrain models and remotely sensed data in landscape investigations. Progress in Physical Geography. 22 (1), 33-60

Fuquen, J.A., Osorno, J. F. 2005 Geología de la plancha 190-191 Chiquinquirá y Tunja. Informe técnico. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. INGEOMINAS

Gahegan, M. 1999. Four barriers to the development of effective exploratory visualisation tools for the geosciences. International Journal of Geographical Information Science. 13, 289-309.

Grant, W., S. Marin, E. Pedersen. 2001. Ecología y manejo de recursos naturales: Análisis de sistemas y simulación. . 15-86 pág. IICA San José. Costa Rica

Haboudane, D., F. Bonn, A. Royer. 2002. Land degradation and erosion risk mapping by fusion of spectrallybased information and digital geomorphometric attributes. International Journal of Remote Sensing. 23 (18), 3795–3820

Hazelton, P. B. Murphy. 2007. Soil erodibility and erosion hazard: In Interpreting Soil Test Results What do all the Numbers Mean. CSIRO. pp 152.

Hengl, T., S. Gruber, D. Shrestha. 2003. Digital Terrain Analysis in ILWIS. Lecture notes. En: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), http://www.itc.nl/personal/shrestha/DTA/. Consulta diciembre 2009.

Hoyos, N. 2005. Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical watershed of the Colombian Andes. Catena. 63, 85–108

Hubbard, B., M. Sheridan, G. Carrasco-Nuñez, R. Diaz-Castellon, S. R. Rodriguez, S. R. 2007. Comparative lahar hazard mapping at Volcan Citlaltepetl, Mexico using SRTM, ASTER and DTED-1 digital topographic data. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 160 (1-2), 99-124.

Huggel, C., D. Schneider, J. P. Miranda, H. Delgado, H. Granados, A. Kääb, A. 2008. Evaluation of ASTER and SRTM DEM data for lahar modeling: A case study on lahars from Popocatépetl Volcano, Mexico. Journal of Volcanology and Geothermal Research.170, 99–110

Hutchinson, M.F., J. C. Gallant.2000. Digital Elevation Models and Representation of Terrain Shape. In: Wison, J. P, J. C. Gallant. 2000. Terrain Analysis: Principles and applications. John Wiley & Sons, Inc. pp. 29–49

IGAC-IDEAM-Cormagdalena. 2006. Codificación de las unidades de coberturas de la tierra de acuerdo con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Pág 46.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). 2002. Datos de la estación Villa el Carmen.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2005. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá Tomo I. 237 pág.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1975. Estudio General de Suelos de la Provincia de Ricaurte y el Municipio de Samacá. Bogotá. 553 pág.

ITC. 1980. Aerial photo-interpretation for soil and conservation suveys. Mapping erosion (parts III). International Institute for Geo-information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands. pp 57.

Jetten, V., G. Govers, R. Hessel. 2003. Erosion models: quality and spatial predictions. Hydrological Processes. 17, 887-900.

Jordan, G. 2008. Digital Terrain Analysis in a GIS Environment: Concepts and Development. pp 1-43 In: Peckham, R.J; Jordan, G. 2008. Digital Terrain Modelling: Development and Applications in a Policy Support Environment. Spriger. pp 313..

Kamp, U., T. Bolch, J. Olsenholler. 2005. Geomorphometry of Cerro Sillajhuay (Andes, Chile/Bolivia): Comparison of Digital Elevation Models (DEMs) from ASTER Remote Sensing Data and Contour Maps',Geocarto International. 20 (1), 23 — 33.

Kennelly, P. J. 2008.Terrain maps displaying hill-shading with curvature. Geomorphology.102, 567–577

Kervyn, M.; G. J. Ernst, R. Goossens,P. Jacobs. 2008. Mapping volcano topography with remote sensing: ASTER vs. SRTM. International Journal of Remote Sensing. 29 (22), 6515–6538

Kheir, R.B., J. Wilson, Y. Deng. 2007. Use of terrain variables for mapping gully erosion susceptibility in Lebanon. Earth Surface Processes and Landforms. 32, 1770–1782

Kirby; M.J. 1980. El Problema: Erosión en el Contexto. Páginas 15-34. Kirby, M.J. y R.P. Morgan. 1980. Erosión de suelos. Primera edición. Noriega Editores. México D.F

Koua, E. L. 2005. Computational and Visual Support for Exploratory Geovisualization and Knowledge Construction. Thesis for doctor at Utrecht University Nederlands. 219.pp.

Kraak, M. J. 2000. About maps, cartography, geovisualization and other graphics. Geoinformatics Journal. 3, 23- 36

Lagacherie, P. A. B. McBratney. 2007. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil. Page 3-12. In: Lagacherie, P., A.B. McBratney, M. Voltz, 2007. Digital Soil Mapping :An Introductory Perspective. Developments in Soil Science: Volume 31 Elsevier page 659.

Lal, R. 1988. Erodibility and erosivity. Pp. 141-160. In; Lal, R. Erosion and research methods. Soil and water Conservation Society. Ankeny, IA.

Lambin, E.F. 1996. Change detection at multiple temporal scales: seasonal and annual variations in landscape variables. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 62 (8), 931–938.

Lange, E., I. D. Bishop, 2005. Communication, perception and visualization. In: Bishop, I. D., E. Lange. 2005. Visualization in Landscape and Environmental Planning. pp 2-19 Taylor & Francis

Li, Z.; Zhu, Q.; Gold, C. 2005. Interpretation of Digital Terrain Model. 267-284. In: Digital Terrain Modellin: Principles and Methodology.. CRC press. 323 pp

Lin, H., J. Zhu, B. Xu, W. Lin, Y. Hu. 2009. A Virtual Geographic Environment for a Simulation of Air Pollution Dispersion in the Pearl River Delta (PRD) Region. In: Lee, J.; Zlatanova; S. 2009. 3D Geo-Information Sciences. Springer. 3-14 pp

Lin, H.S, W. Kogelmann, C. Walker, M.A. Bruns. 2006. Soil moisture patterns in a forested catchment: A hydropedological perspective. Geoderma.131, 345–368

López, D. 2006. Desarrollo e Implementación de un Modelo para la Clasificación Automática de Unidades de Relieve a partir de Modelos Digitales de Elevación. Tesis de Maestría en Geomática. Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo " A.C. CentroGeo Mexico, D. F

Mansergh, I., A. Lau, R. Anderson. 2008. Geographic Landscape Visualisation in Planning Adaptation to Climate Change in Victoria, Australia. In: Pettit, C., W. Cartwright, I.D. Bishop, K. Lowell, D. Pullar, D. Duncan.2008.Landscape Analysis and Visualisation Spatial Models for Natural Resource Management and Planning. .Springer pp 269-284

Martínez-Casasnovasa, J.A.; M.C. Ramosa, J. Poesen. 2004. Assessment of sidewall erosion in large gullies using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis. Geomorphology. 58, 305–321

Merritt, W.S., R.A. Letcher and A.J Jakeman. 2003. A review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling and Software. 18, 761-799.

Milevski, I. 2008. Estimation of soil erosion risk in the upper part of Bregalnica Watershed-Republic of Macedonia, based on digital elevation model and satellite imagery. 5th International Conference on Geographic Information Systems (ICGIS-2008) 2-5 July, 2008 Fatih University from Istanbul. Turkey

Milevski, I. S. Dragicevic, S. Kostadinov. 2007. Digital elevation model and satellite images an assessment of soil erosion potential in the Pcinja catchment. Bulletin of the Serbian geographical society. tome lxxxvii – No. 2 11-20

Mitasova, H.; J. Hofierka, M. Zlocha, L. Iverson.1996. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. International Journal of Geography Information Systems. 10 (5), 629-641

Moore, I. D.; R. B.Grayson, A. R. Ladson. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological: Geomorphological and biological applications. Hydrological Processes. 5, 3-30

Morgan, PC. 2005. Soil erosion and conservation. Blackwell Publishing, Malden, MA: 304 pp.

Muchoney, D., B. Haack. 1994. Change detection for monitoring forest defoliation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 60 (10), 1243–1251.

Munar, O. J. 2010. Determinación del potencial de los modelos digitales de elevación como fuente de datos para la evaluación de la aptitud de las tierras. Caso del cultivo de mango. Tesis de Maestría en Geomática. Facultad de Agronomía. Universidad nacional de Colombia sede Bogotá. Colombia

Neteler, M.; Mitasova, H. 2008. Open source GIS: a GRASS GIS Approach. Third Edtition Springer New York. 406 pp

Nikolakopoulos, K. G., E. K. Kamaratakis, N. Chrysoulakis. 2006. SRTM vs ASTER elevation products. Comparison for two regions in Crete, Greece. International Journal of Remote Sensing. 27 (21), 4819-4838.

Ohlmacher, G. 2007. Plan curvature and landslide probability in regions dominated by earth flows and earth slides. Engineering Geology. 91, 117–134

Olaya, V. 2008. Basic Land-Surface Parameters. Pp: 141-169 In: Hengl, T. H. I. REUTER, 2009. Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science. Volume 33 Elsevier. Pp 756.

Olaya, V. 2001. A gentle introduction to SAGA GIS. In:www.saga-gis.uni-goettingen.de

Pallaris, K. 1999. Monitoreo y Modelaje de Procesos Hidrológicos en Laderas Tropicales para la Toma de Decisiones. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Projecto de Investigación Hydrology Ecology and Regional Biodiversity of Colombian Montane Forest (HERB) del King's College (KCL), University of London. Cali Colombia. Consulta enero 2009: http://www.ambiotek.com/herb/ciat1999.html

Phillis, Y. V. Kouikoglou. 2009. Introduction to fuzzy logic. pp 27-63.(Chapter two) In: Fuzzy measurement of sustainability. Published by Nova Science Publishers, Inc. New York pp 183.

Pike, R.J., I.S. Evans, T. Hengl.. 2009. Geomorphometry: A Brief Guide. Page 3 -30. Hengl, T., H. Reuter. 2009. GEOMORPHOMETRY Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science – Volume 33 Elsevier. pages 776.

Pike, R.J. 2000. Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis.Progress in Physical Geography. 24 (1),1–20

Planeación Municipal.2005. Plan de desarrollo del Municipio de Samacá (Boyacá). Diagnostico Fase 2. 68 pág.

Planeación Municipal; 1999. Esquema de Ordenamiento territorial para el Municipio de Samacá (Boyacá). 80 pág.

Qiu, Y., B. Fu, J. Wang, L. Chen. 2001. Soil moisture variation in relation to topography and land use in a hillslope catchment of the Loess Plateau, China. Journal of Hydrology. 240, 243–263

Quaye-Ballard, J.A. 2003. Visualization of Land Property for the Urban Environment. Thesis of Master of Science in Geo-Informatics. Enschede, The Netherlands 89 pp.

Raaflaub, L. D., M. J. Collins. 2006. The effect of error in gridded digital elevation models on the estimation of topographic parameters. Environmental Modelling & Software. 21, 710-732

Saavedra, C. 2005. Estimating Spatial Patterns of Soil Erosion and deposition in the Andean Region Using Geo-information Techniques. A case study in Cochabamba, Bolivia. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy. Wageningen University, Netherland. 263 pp.

Schoorl, J.M, P.W. Sonneveld, A. Veldkamp. 2000. Three-dimensional landscape process modelling:the effect of DEM resolution. Earth Surface Processes and Landforms. 25 (9), 1025-1034.

Schumann, G., P. Matgen, M. E. Cutler, A. Black, L. Hoffmann, L. Pfister, L. 2008. Comparison of remotely sensed water stages from LiDAR, topographic contours and SRTM ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing. 63, 283–296

Shafique, M. 2008. Predicting topographic aggravation of seismic ground shaking using geospatial tools: A case study of Kashmir arthquake Pakistan. Thesis of Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation Neterland. pp 112.

Shary, P.A. L.S. Sharaya, A.V. Mitusov. 2002. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. Geoderma. 107 (1-2), 1-32.

Siart, C., O. Bubenzer, B. Eitel. 2009. Combining digital elevation data (SRTM-ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete. Geomorphology. 112, (1-2) 106-121

Singh, B. D. 2004. Influence of Digital Elevation Models Derived from Remote Sensing on Spatio-Temporal Modelling of Hydrologic and Erosion Processes. Thesis for Degree of Doctor of Philosophy. pp 370. Cranfield University Siloe England.

Suárez, J. 2001.Control de erosión en zonas tropicales. Primera Edición. Universidad Industrial de Santander. División Editorial y de Publicaciones. 556 pág.

Sujatha, G. R. S. Dwivedi, K. Sreenivas, L. Venkataratnam. 2000. Mapping and monitoring of degraded lands in part of Jaunpur district of Uttar Pradesh using temporal spaceborne multispectral data. International Journal of Remote Sensing. 21 (3), 519-531.

Sulebak, J.R ., L.M. Tallaksen, B. Erichsen. 2000. Estimation of areal soil moisture by use of terrain data. Geography Annales. 82 (1), 89-105

Suriyaprasit, M. 2008. Digital terrain analysis and image processing for assessing erosion prone areas: A Case Study of Nam Chun Watershed, Phetchabun, Thailand. Thesis of Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands pp 97

Thompson, J. A., J. C. Bell, C. A. Butler. 2001. Digital elevation model resolution: Effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. Geoderma, 100, 67-89.

Toutin, T. 2008. ASTER DEMs for geomatic and geoscientific applications: a review. International Journal of Remote Sensing. 29 (7), 1855–1875

Ulrich, K., T. Bolch, J.Olsenholler, J. 2005.Geomorphometry of Cerro Sillajhuay (Andes, Chile/Bolivia): Comparison of Digital Elevation Models (DEMs) from ASTER Remote Sensing Data and Contour Maps. Geocarto International. 20 (1), 23-33

Vrieling, A. 2007. Mapping Erosion from Space. Thesis of Doctoral Wageningen University. Nederland 167 pag.

Walling, D.E. y D. Fang. 2003. Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers. Global and Planetary Change. 39, 111-126.

Wilson, J. P., P.L. Repello, R. D. Snyder. 2000. Effect of Data Source, Grid Resolution and Flow-Routing Method on Computed Topographic Attributes. en:. Wilson, J.P.; Gallant, J.C. 2000. Terrain Analysis: Principles and Application.. John Wiley & Sons, Inc. pp 133-161

Wilson, J., M. Lorang. 2000. Spatial models of soil erosion and GIS. pp 83-104.: Fotheringham Stewart, A;M. Weneger. 2000.Spatial Models and GIS. GIS Data 7. 271 pp. Taylor and Francis

Wilson, J.P.; Gallant, J.C. 2000. Terrain Analysis: Principles and Application. John Wiley & Sons, Inc. New York

Wischmeier,W.H., Smith, D.D. 1978. Predicting rainfallerosion losses. *USDA Agricultural Research Service Handbook* 537.

Wood J. 1996. The Geomorphological Characterization of Digital Elevation Models. PhD thesis, University of Leicester, UK. Available at: http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd. Consulta junio 2009

Zhang, J. X.; C. Kang-Tsung, W. Joan Qiong. 2008. Effects of DEM resolution and source on soil erosion modelling: a case study using the WEPP model. International Journal of Geographical Information Science. 22 (8), 925-942

Zhilin, L. 2008. Multi-Scale Digital Terrain Modelling and Analysis. In: Zhou, Q., B. Lees, G. Tang. 2008. Advances in Digital Terrain Analysis. Springer. pp 59-81

Zhou, P. O. Luukkanen, T. Tokola, J. Nieminen. 2008. Effect of vegetation cover on soil erosion in a mountainous watershed. Catena. 75, 319–325