

La Erosión

Un Problema a los Pies de la Sociedad

Sergio A. Restrepo*
Miguel A. Restrepo**

"Desde principios de la humanidad el suelo ha sido la base para el sostenimiento de la vida."

(R. Dudal, 2004)

"Los humanos están todos entrelazados con las plantas, los animales, el suelo y el agua en una sola comunidad vibrante marcada por la cooperación y la competencia: una biota. Y todos están relacionados por un tejido invisible."

A. Leopold (1949)



La erosión es un fenómeno natural controlado fundamentalmente por cuatro factores: la topografía, el clima, el sustrato y la cobertura vegetal. En orden de efectividad, los agentes erosivos más comunes en el planeta Tierra son el agua, las masas glaciares continentales y el viento. Con la aparición de la agricultura y con la capacidad creciente del hombre para modificar el paisaje, aparece un factor adicional determinado por las actividades propias de la tecnósfera, tales como la agricultura, la ganadería, la minería, la construcción de obras de infraestructura, la industria, etc.; actividades que, en general, contribuyen a exacerbar la erosión.

La mayoría de los modelos que se han implementado para predecir la erosión del suelo en toneladas/hectárea*año o

en mm/año se ocupan específicamente de la erosión propiciada por el agua. Tanto a escala de parcela (*Revised Universal Soil Loss Equation-RUSLE*, 1984) como de cuenca (*Water Erosión Prediction Project-WEPP*, 2001) dichos modelos utilizan en sus cálculos los siguientes factores o variables: topografía (pendiente y longitud de las vertientes); erosividad de la lluvia (precipitación media anual, intensidad máxima, etc.); erodabilidad del sustrato (contenido de arcillas, presencia de capas endurecidas, etc.); cobertura vegetal y usos del suelo.

Si bien en el curso de la civilización humana todas estas variables han sido modificadas en mayor o menor grado por diferentes grupos humanos (deforestación, terraceo, desvío de cursos de agua, establecimiento de nuevas comunidades vegetales, aridización, etc.), la cobertura ve-

getal constituye el rasgo del paisaje más fácilmente modificable (Thornes, 1990). La transformación de la cubierta natural del suelo ha jugado un papel clave en el aumento de la erosión durante el Holoceno reciente (Douglas, I. 1967; El Swafi *et al.*, 1982; Thornes, 1990; Goudie, 2000). La vegetación no solo favorece la estabilidad mecánica del suelo gracias al entramado de raíces sino que controla en gran medida la hidrología de las vertientes, promueve el desarrollo de la capa orgánica y modera la producción y arrastre de sedimentos desde las laderas hacia los cuerpos de agua (intercepción de gotas de lluvia, infiltración, escorrentía, evapotranspiración, etc.). La remoción de la cubierta vegetal natural es, pues, un aspecto fundamental en la evolución reciente de los sistemas geomórficos (Douglas, 1967); lo cual es articularmente evidente en el trópico andino, donde las condiciones topográficas, climáticas y edafológicas se combinan para generar tasas de erosión altas, comparadas con las de regiones templadas (Thomas, 1994; El Swafi, 1983).

Los modelos antes mencionados permiten predecir y monitorear la erosión moderna; sin embargo, la falta de cifras cuantitativas sobre le denudación¹ a escala de tiempo geológico (10^3 - 10^8 años) ha sido una de las cuestiones científicas más complejas de abordar (Brown *et al.*, 1998; Summerfield, 2005). A su vez, ello ha hecho difícil precisar si la velocidad a la que ocurre la erosión actualmente es sustancialmente distinta a la velocidad de ocurrencia de este mismo fenómeno, antes del Holoceno. La aplicación reciente de algunas técnicas de geología isotópica (análisis de isótopos cosmogénicos producidos *in situ* tales como el ^{10}Be y el ^{26}Al) y de termocronología de baja temperatura (trazas de fisión y dataciones (U-Th)/He en apatito), ha permitido reconstruir tasas de erosión a escala geológica. Así por ejemplo, un estudio de termocronología reciente en el sistema (U-Th)/He en apatito (Restrepo *et al.*, en preparación) ha arrojado ci-

fras sobre las tasas de erosión en el Neógeno (últimos 24 millones de años) para la región del Macizo Central Antioqueño que indican que la erosión moderna (2-15 mm/año) podría ser tres órdenes de magnitud mayor que la erosión promedia entre el Oligoceno y el Pleistoceno (0.036-0.005 mm/año).

Ya en años anteriores el poder del ser humano como agente geomórfico ha sido puntualizado por otros autores (Goudie, 2000; Hooke, 1999). Hooke (1999) estima que la humanidad moviliza unas 50 gigatoneladas de tierra al año (Gt/a), comparado con las 14 Gt/a que mueven los ríos, el agente erosivo por excelencia. Puesta en perspectiva, esta cifra equivaldría a la apertura del cañón del

Colorado en 1 a diezmilésima parte de tiempo que le ha tomado al río Colorado excavar este impresionante rasgo geográfico. La incidencia del ser humano como agente geomórfico ha adquirido tal trascendencia que en mayo de 2006 se cele-



bró en Pécs, Hungría, una reunión especial de la Asociación Internacional de Geomorfología (AIG) con el fin de constituir un nuevo grupo de trabajo especialmente dedicado al estudio de la *Antropogeomorfología*, la rama más nueva de la geomorfología.² A pesar de su poder como agente geomórfico, hasta hace poco no se le daba mayor relevancia a los procesos antrópicos en los textos de geomorfología.

Pero, ¿por qué tanto interés en la erosión? ¿Qué implicaciones puede tener que hoy se devaste la cubierta de suelo del planeta a una velocidad como la mencionada en el párrafo anterior? Una respuesta posible sería que, tal como el geólogo del Siluriano³ no podría haber predicho la magnitud de los cambios que se suscitarían en los sistemas naturales planetarios a escala global (atmósfera, biósfera, hidrósfera y geósfera) con el hecho de que las plantas vasculares comenzaran a colonizar el ámbito terrestre hace unos 420 millones de años (Haff, 2003),

tampoco hoy podríamos predecir con alguna certeza cual será el futuro de los sistemas naturales planetarios frente a una perturbación de los procesos geomórficos y edafológicos de tal magnitud. Al igual que el experimento que estamos llevando a cabo con la atmósfera (al cambiar radicalmente y en un tiempo tan corto la composición gaseosa de la misma), el de la excesiva erosión –fruto principalmente de la destrucción y/o modificación de la cobertura vegetal natural– es también un experimento involuntario del cual no existe antecedente en el pasado geológico y ambos experimentos podrían llevar al colapso tanto a la sociedad humana como a la vida en el planeta tal como hoy se le conoce.

A diferencia
del
geólogo

del Siluriano, lo que sí sabemos es que una erosión ocurriendo al ritmo que sugieren la mayoría de los autores implica que estamos perdiendo suelo, ya que la mayoría del planeta está cubierto por él, y la mayor parte del material erodado proviene de la destrucción mecánica y química del suelo, es decir, de los dos primeros metros de la geósfera. Nuestro conocimiento de las tasas de erosión antropogénicas o modernas (10^0 - 10^2 años), es relativamente bueno comparado con nuestro conocimiento de las tasas de erosión naturales o geológicas (10^3 - 10^8 años). Sabemos por ejemplo de algunos lugares donde la transformación de la cubierta vegetal natural para establecer prácticas agrícolas muestra tasas de erosión muy altas. Pimentel (1987) reporta que la producción de maíz en las regiones montañosas de Guatemala ha inducido tasas de erosión del orden de $1000 \text{ ton}^* \text{Ha}^* \text{año}$ (o el equivalente a $50 \text{ mm}^* \text{año}$). Estas tasas son cuatro órdenes de magnitud mayores a las reportadas para el Neógeno en la región norte de la Cordillera Central colombiana (Restrepo *et al.*, en preparación). Tasas de erosión similares a las guatemaltecas modernas caracterizaron el pe-

ríodo colonial en Ecuador y Perú cuando los españoles, arrasando una etnoecología milenaria, impusieron sus prácticas agrícolas sustituyendo las técnicas, las herramientas y los cultígenos (por ejemplo trigo por quínoa) propios de las comunidades indígenas americanas (Popenoe, 2001; comunicación personal).

Y aunque en sentido estricto los procesos pedogenéticos están operando siempre para producir más suelo, su dinámica es tan lenta respecto a la

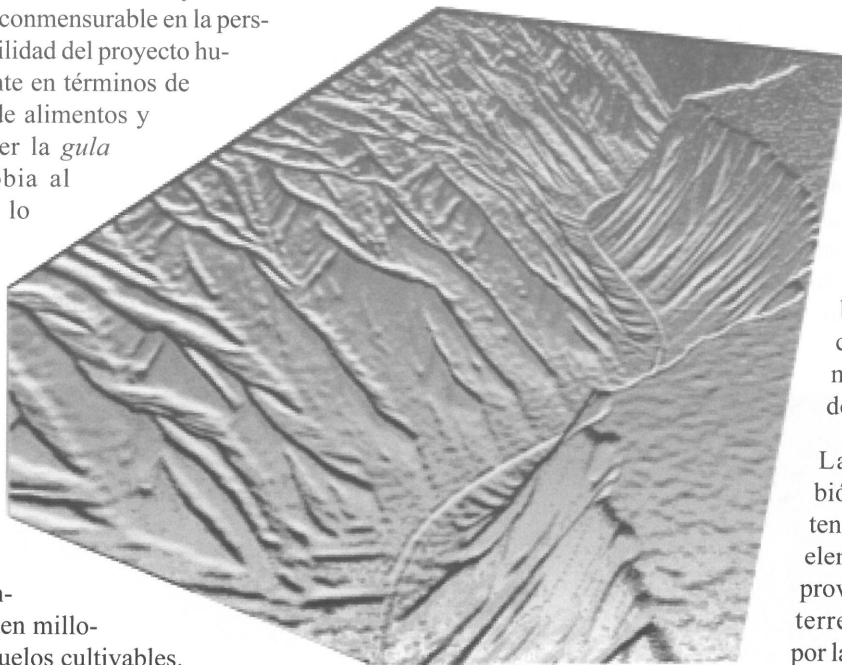
escala del tiempo humano que la idea *tierra ya no hacen más*, tiene validez. La pérdida de suelo fértil por erosión es uno de los problemas ambientales –y por ende sociales–, más graves que afronta la sociedad actualmente. Este no es un “privilegio” de los países pobres donde hoy se padece hambre por montones. Naciones que operan como grandes centros de producción agrícola y donde la ingesta calórica per cápita está muy por encima de las 2500 calorías/día, como los EE.UU., se ha estimado que el suelo fértil se pierde a una velocidad 17 veces superior a la velocidad de recuperación (Renard *et al.*, 1997). A escala mundial se estima que el suelo fértil se está perdiendo en la mitad de las tierras cultivables del planeta con consecuencias tales como la baja productividad de los suelos; la expansión de la frontera agrícola, la reducción en el ingreso para los agricultores, la baja calidad en los cultivos, la pauperización del agua en calidad y cantidad, y el avance de los frentes de desertización, etc. Bajo estas circunstancias, el suelo se ha convertido en un recurso no renovable.



Dado que el suelo proporciona el soporte nutricional y físico para el sostenimiento de la mayoría de las plantas, su valor es incommensurable en la perspectiva de la sostenibilidad del proyecto humano; específicamente en términos de garantizar la oferta de alimentos y no en los de resolver la *gula* energética que agobia al orbe; lo primero es lo más sensible en un planeta donde cerca de cincuenta mil niños mueren de hambre diariamente (FAO, 2003), donde unos tres mil millones de individuos deambulan en condiciones de desnutrición severa, y donde cada año se pierden millones de hectáreas de suelos cultivables. Lo segundo, expoliar el suelo para alimentar motores a explosión, es un sinsentido que, además, carece de soporte técnico.

Por ejemplo, los cálculos de Connor y Mínguez (2006) sugieren que: 1. el abastecimiento de biocombustible sólo para el sector de transporte privado, supondría una demanda mayor en la producción agrícola de la que representaría proveer de una dieta adecuada a nueve mil millones de individuos para el año 2050 y 2. los biocombustibles no reducirían de manera significativa la emisión de gases invernadero. Estos investigadores, adscritos al *Department of Agriculture and Food Systems* de la *University of Melbourne* y a la *Universidad Politécnica de Madrid* respectivamente, concluyen su crítica argumentando que una contribución incluso marginal de biocombustible para resolver la actual crisis energética representaría un riesgo serio para la seguridad alimentaria y para la base natural de recursos tierra, suelo y agua.

Y es que el suelo no sólo es fuente de alimento para el hombre y otros tantos millones de especies animales y vegetales. El suelo está considerado como la unidad de



procesamiento central del ambiente (Richter y Markewitz, 2001). Como límite común entre los diferentes constituyentes de los sistemas terrestres (geósfera, atmósfera, hidrósfera, y biósfera), el suelo oficia de puente entre el mundo vivo y el mundo inanimado.

La totalidad de la biósfera debe su existencia a una docena de elementos químicos que provienen de la corteza terrestre, incorporados por la mayoría de la biota, directa o indirectamente del suelo. En su condición

natural, los primeros decímetros de la piel de la tierra constituyen, en sí mismos, ecosistemas de valor incuantificable a través de los cuales circulan materia y energía que proveen una serie de bienes y servicios ecológicos (sostenimiento de organismos autótrofos, regulación de ciclos hidrológicos, mantenimiento de los flujos genéticos, descomposición de la materia orgánica, secuestro de gases invernadero, estabilización de laderas, retención de sedimentos, modulación del clima, etc.), sin los cuales resultaría improbable vislumbrar un futuro venturoso para la especie humana y para la perpetuidad de la vida en el planeta (Richter y Markewitz, 2001).

Por todo lo anterior, la erosión del suelo como problema ambiental connota otras ramificaciones igualmente dañinas para el bienestar del planeta y de la familia humana asentada en este rincón del cosmos en los albores del siglo XXI. Así, por ejemplo, la erosión acelerada genera una producción excesiva de sedimentos que causan daños —a veces irreversibles en la escala del tiempo huma-



no—, a ecosistemas vitales tanto marinos (estuarios, arrecifes de coral, pescaderías, etc.) como terrestres (humedales, lagos, ríos y demás), disminuye la capacidad de producir y almacenar agua en las cuencas hidrológicas; ocasiona daños a obras de infraestructura tales como canales, represas, vías de comunicación y similares. El sedimento producto de la erosión está considerado como el primer contaminante de los cuerpos de agua en el mundo (UNEP, 2002). El costo global asociado a la erosión ascendía a cerca de 500 mil millones de dólares por año⁴ en la década de los 90 (Pimentel *et al.*, 1995). Sin duda, estos valores podrían ser aún más altos si otros efectos dañinos sobre el ambiente, tales como la destrucción de pescaderías, y la desertización fueran considerados. Hoy, con una presión cada vez mayor sobre el recurso suelo y con la erosión en aumento es probable que dichos costos se hayan incrementado. El suelo es pues un elemento esencial en el funcionamiento

complejo de la ecósfera, la cual se encuentra en la base del sostenimiento de las civilizaciones humanas. Hoy, la sostenibilidad del suelo peligra por la mayoría de procesos propios de la tecnósfera (actividades agrarias, minería, expansión urbana, etc.).

La gravedad de los daños ambientales relacionados con la erosión no solo para el suelo mismo sino para la biota (terrestre y acuática) y el agua, hace de este fenómeno un objeto de estudio crucial para las ciencias geológicas y ambientales. Richter y Markewitz (2001) anotaban que “*los humanos están viviendo cada vez más en ambientes urbanos y suburbanos, lejos de la tierra y separados del suelo, y sin embargo la calidad de la vida humana y del ambiente planetario nunca ha dependido más del manejo apropiado del suelo que hoy*”. Es por ello que el suelo, y los procesos naturales y antrópicos que tienen lugar en esta delgada y frágil capa que recubre el planeta, merecen mucha mayor atención y consideración por parte de la sociedad. A pesar de los esfuerzos recientes y sin para-

lelo en la historia de las ciencias encaminados a entender la erosión pretérita y reciente (ver publicaciones especiales PAGES, 2000, v. 8; y *Global and Planetary Change*, 2003, v. 39), la erosión del suelo por escorrentía continúa siendo uno de los problemas ambientales más críticos (UNEP, 2002).

La erosión en el trópico andino no es un problema ambiental reciente. Las altas pendientes propias de esta región sumada a la relativamente alta precipitación media anual se conjugan para generar tasas de erosión altas. De hecho, la erosión en el trópico ha sido el foco de atención por más de medio siglo y varios estudios han procu-

rado alertar acerca de las consecuencias desastrosas provenientes de la erosión acelerada producto de la intervención antrópica (El Swafi *et al.* 1982). Sin embargo, es preciso admitir que restaurar las condiciones geomórficas normales resultaría una tarea difícil. Las razones son numerosas e incluyen, entre otras, el incremento poblacional y la creciente presión sobre el suelo,

la erosión del capital cultural y natural (técnicas agrícolas y cultígenos “apropiados” para diferentes nichos ecológicos), y la prevalencia de ciertos modelos político-económicos.

La erosión en los Andes no es un problema trivial. En Colombia (como en la mayoría de países andinos) la región aludida es una de las zonas montañosas más pobladas del globo. La cuenca del Magdalena, por ejemplo, está ubicada en tercer lugar mundial en densidad poblacional, lo que implica grandes niveles de estrés sobre la base de recursos presentes en el área, particularmente suelo y agua. Tanto los ríos Magdalena como el Cauca arrastran cargas de sedimentos comparables a las del los ríos Ganges y Amarillo en Asia, lo cual es un indicio de la velocidad con que los suelos están siendo erodados, fundamentalmente como consecuencia de los cambios en sus usos y en las prácticas agrícolas (herramienta y cultígenos) que han tenido lugar en la región andina, en especial desde los tiempos coloniales. Más re-



cientemente, la fumigación, la deforestación y la expansión de la frontera agrícola, situaciones resultantes de la guerra interna y de una guerra contra las drogas (ambas absurdas y posiblemente impuestas desde afuera; Chomsky, 1999) así como de políticas ambientales inadecuadas (probablemente también impuestas por agentes externos) están generando un aumento de la erosión.

Por tanto uno está obligado a preguntarse: ¿cuáles son los beneficios actuales de adelantar investigaciones no sólo sofisticadas sino también costosas para entender el caos ambiental? Se ha sugerido además que a través de esfuerzos continuos en educación y ciencia será posible construir un paradigma social alternativo que vislumbre el progreso de la sociedad como un proyecto verdaderamente colectivo y que minimice los efectos adversos sobre el ambiente por ser este la base fundamental y finita de recursos con que contamos (Lubchenco, 1999). Pero, ¿qué modelos educativos tenemos a la mano si el propósito mismo de la educación en todos los niveles está siendo duramente cuestionado por su incapacidad para generar procesos sociales de este tipo? (Long, 1992; Illich, 1968).

Ninguna estrategia de investigación ni de difusión de la información científica parece estar obrando efecto alguno sobre las tendencias actuales de deterioro ambiental. Tal como ocurre en el caso de la sobrepoblación y la dispersión de las enfermedades infecciosas, la erosión del suelo y la degradación ambiental en general, conforman lastres sin solución técnica (Hardin, 1968). Desde esa perspectiva, si continuamos aplicando soluciones sólo desde el ámbito de las ciencias y la tecnología, el resultado será posiblemente el empeoramiento de la situación.

Sin embargo, la empresa académica, en particularmente la ciencia y la tecnología, secundada por los medios masivos de comunicación —una forma de incomunicación— y por la clase política dominante, está extendiendo la idea de que la mayoría, sino la totalidad, de los problemas sociales actuales admite una solución técnica (agroquímicos para suplir la demanda de alimentos; biocombustible para revertir la crisis energética, con-

nes para detener el crecimiento poblacional, vacunas para erradicar la malaria, etc.). Esta concepción errada ha colonizado rápidamente las mentes poco reflexivas del constituyente moderno que concibe la tecnología como una panacea, en desmedro de las acciones aplicables en órdenes tales como los valores humanos y la moral (Hardin, 1998); cuando de hecho las mayores alteraciones de la ecósfera y posiblemente de la salud humana han sido atribuidas al rápido desarrollo tecnológico reciente (Slaymaker, 2000; Illich, 1999).

Las Culturas Ancestrales Enseñan que Tierra (Suelo) sí se Hace Más

La tecnología *per se* no es el problema. En el contexto cultural adecuado, las tecnologías, antiguas y recientes, han probado su utilidad para la humanidad. Varios etnoecólogos y antropólogos han documentado que mediante prácticas antiquísimas, tierra *sí se ha hecho más*. No aseveramos lo anterior para promover el abuso del



verdadero “tesoro negro”, sino para acentuar que varios grupos humanos han valorado el vital recurso suelo de manera que no solo no lo han pauperizado en el curso de sus actividades agrarias milenarias, sino que han sabido incorporarlo como un elemento esencial en su cultura, hasta el punto que lo “fabrican”.

Estos suelos de factura humana, conocidos como antrosols y surgidos en entornos etnoecológicos específicos, están estrechamente ligados a prácticas milenarias, algunas de ellas con más de 7.000 años de antigüedad, e incluyen entre otros: *paddy soils* (suelos anegados y batidos), reportados principalmente en el continente asiático, por ejemplo en la cultura Hanunóo de Filipinas (Conklin, 1957); en el delta del río Yantze en China (Caol *et al.*, 2003) y en Nepal; en la *terra preta do indio* (tierra negra del indio) en la cuenca amazónica (Smith, 1980), y otros menos específicos en Centro y Sur América.

Epílogo

Consideramos que dada la magnitud de la erosión antropogénica en este punto vital del planeta que es Colombia, resulta necesario promover el estudio sistemático y a largo plazo de la erosión pasada y presente como fenómeno natural y antrópico. Por su carácter de interfase de los sistemas terrestres biósfera, hidrósfera, geósfera y atmósfera, y por la evidencia existente en estudios de etnoecología, el suelo tiene que ser explorado de manera interdisciplinaria conjugando áreas del saber tanto en el ámbito de las ciencias naturales como en las sociales. Abordado de este modo, el estudio de la erosión representaría no sólo un gran valor científico sino que se podría traducir de manera inmediata en una fuente de información determinante para la sociedad, lo que de paso posibilitaría la adopción del nuevo contrato social para las ciencias tal como lo propusiera la Dra. Lubchenco (1999).

Por otro lado, es un imperativo que se estructuren en los currículos académicos de todos los niveles cursos sobre etnoecología a fin de propiciar la difusión y el examen juicioso y riguroso de las tradiciones en torno al manejo del suelo y del agua que caracterizaron al medio americano precolombino. Pensamos que su articulación surtiría un efecto positivo sobre la base de los recursos natu-

rales y, en consecuencia, sobre la marcha de la sociedad, tanto en el orden material como en el espiritual. Por último, es imprescindible trabajar con denuedo para rebajar la pompa académica y romper la barrera que existe entre el conjunto de la sociedad y las castas de académicos, particularmente en el ámbito de la educación superior, para que ésta no continúe funcionando como la estrategia de escolarización para la marginalización o como una herramienta emisora de hombres y mujeres con títulos académicos (Illich, 1967), sino como el instrumento por excelencia para promover la reflexión en torno a los problemas de la sociedad humana en todos los órdenes. Ello no significa abandonar la sofisticación inherente a la ciencia; por el contrario, promete potenciar ese nivel hasta alturas insospechadas hasta ahora en el quehacer académico.

Quisiéramos concluir con una reflexión de Eddy (1993), en torno al valor del suelo como elemento esencial en las dinámicas de los sistemas terrestres, no obstante su relativa insignificancia desde el punto de vista volumétrico: *"En los años recientes, la ciencia se ha enfocado más y más en el estudio de la Tierra como planeta, un planeta único en el que una delgada cobija de aire, una delgada capa de agua y la más delgada película de suelo se combinan para hacer de soporte de una red de vida de diversidad sorprendente y en cambio continuo"*. ♦

Sobre los autores:

*Geólogo, Candidato PhD en Geología. Department of Geological Sciences, University of Florida, Gainesville FL 32601, sergiorm@ufl.edu.

**Ing. Agrónomo, MSc Fisiología Vegetal. Corporación para la Investigación y el Ecodesarrollo Regional CIER, ONG, corpcier@epm.net.co.



Referencias Bibliográficas

- BROWN, R.W., Summerfield, M.A., and Gleadow, A. 1994. Apatite fission track analysis: its potential for the estimation of denudation rates and implications for models of long-term landscape development. In *Processes, models, and theoretical geomorphology*, ed. M.J. Kirkby, pp. 23-53. New York: John Wiley & Sons.
- CAO Z. H., Ding J. L., Hu I Z. Y., Knicker H., Kögel-Knabner I., Yang I L. Z., Yin I R., Lin X.G., and Dong Y.H., 2003. Ancient paddy soils from the Neolithic age in China's Yangtze River Delta. *Naturwissenschaften*, v. 93, no. 5, p. 232-236.
- CONKLIN H.C., 1957. *Hanunóo Agriculture: A Report on an Integral System of Shifting Cultivation in the Philippines*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 275 p.
- CONNOR D. y Mínguez I. 2006. *En Looking at Biofuels and Bioenergy* (Editado por Kavanagh E.). *Science* v. 312, p. 1743-1748.
- CHOMSKY N., Dieterich H, Glasbeek D. y Sempill J., 1999. *Latin America: From Colonization to Globalization*, Ocean Press, 72 p.
- DOUGLAS, I. 1967. *Man, vegetation and the sediment yield of rivers: Nature*, v. 215, pp. 925-928.
- EDDY J. 1993. *A Fragile Seam of Dark Blue Light*. En: *Proceedings of the Global Change Research Forum*, U.S. Geological Survey Circular 1086, p. 15.
- EL SWAFI, S.A., Dnagler E.W., y Armstrong C.L. 1982. *Soil Erosion by Water in the Tropics*. HITAH, University of Haway, Research Extension Series no. 024, 163 p.
- GOUDIE, A. 2000. *The human impact on the natural environment*. 5th edition, 527 p. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- HAFF P.K., 2003. *Neogeomorphology, Prediction and the Anthropic Landscape*, p. 15-26. In *Prediction in Geomorphology*, Wilcock P.R. e Iverson R.M. (Ed.), Geophysical Monograph Series, American Geophysical Union, Washington, 256 p.
- HARDIN, G., 1968. *The tragedy of the commons*. *Science*. Vol. 162, pp. 1243-1248.
- ILLICH, I. 1968, *Deschooling Society*. Marion Boyars Publishers, 150 p.
- LONG E. LeR., 1992. *Higher Education as a Moral Enterprise*. Georgetown University Press, Washington. P. 221.
- LUBCHENCO, J. (1998). *Entering the century of the environment: A new social contract for science*. *Science*, Vol. 279, pp. 491-497.
- MILLIMAN, J.D. y Meade 1983. *World-wide delivery of river sediment to the ocean*. *Journal of Geology*, v. 91, pp.1-21.
- PIMENTEL D., C. Harvey; P. Resosudarmo; K. Sinclair; D. Kurz; M. McNair; S. Crist; L. Shpritz; L. Fitton; R. Saffouri; R. Blair. (1995). *Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits*. *Science*. Vol. 267, February 24, pp. 1117-1123.
- POPENOE H., 2001, Comunicación personal. Curso de Etnoecología, Universidad de Florida, otoño 2001.
- RENARD, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. y Yoder, D.C. 1997. *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*, USDA, Agricultural Handbook 703, 384 pp.
- RESTREPO J.D., Kjerfve B., Hermelin M. and Restrepo J.C. 2006. *Factors controlling sediment yield in a major South American drainage basin: the Magdalena River, Colombia*. *Journal of Hydrology*, v. 316, pp. 213-232.
- RICHTER D.D. y Markewitz D. ,2001, *Understanding Soil Change. Soil Sustainability over Millenia, Centuries, and Decades*, Cambridge University Press, 255 p.
- SLAYMAKER, O. (Editor), 2000, *Geomorphology, Human Activity, and Global Environmental Change*, Chichester, 322 p.
- SMITH, N.J.H., 1980, *Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia*. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 70, n. 4, pp. 553-566.
- SUMMERFIELD M.A., 2005. *A tale of two scales, or the two Geomorphologies*. *Trans. Inst. Br. Geogr.*, No. 30, pp. 402-415.
- THOMAS, M.F., 1994. *Geomorphology in the tropics. A study of denudation and weathering in low latitudes*, New York: John Wiley and Sons, 482 p.
- THORNES, J. B. (Editor), 1990. *Vegetation and erosion: processes and environments*, British Geomorphological Research Group Symposia Series. 536 p. New York: John Wiley and Sons.
- UNEP; 2002. *Global Environmental Outlook 3*. Earthscan Publications, p. 445.
- WELLS E.C., Terry R.E. y Parnell J.J., 2000, *Chemical Analyses of Ancient Anthrosols in Residential Areas at Piedras Negras, Guatemala*. *Journal of Archaeological Science* v. 27, pp. 449-462.

Notas:

- 1 En este artículo los términos denudación y erosión se utilizan como sinónimos, es decir, de manera intercambiable.
- 2 Varios de los asuntos centrales acerca de la humanidad como agente geomórfico y el cambio ambiental suscitado por ésta se encuentran ampliamente discutidos en la compilación de Olav Slaymaker *Geomorphology, Human Activity and Environmental Change*, John Wiley and Sons, 322 p. 2003).
- 3 También llamado Silúrico, corresponde al tercer período de la era primaria o paleozoica, ocurrida entre los 440 y 395 millones de años a. d. n. e. (N. del E.).
- 4 Dichos costos sólo incluyen daños directos a las tierras agrícolas así como algunos daños "indirectos" a cursos de agua, obras de infraestructura y salud.

