

Landslides as ecosystem disturbance - their implications and importance in Southern Ecuador

Importancia e Implicación de los Derrumbos Como Perturbadores de Ecosistemas al Sur de Ecuador.

Pablo Lozano^{1*}, Rainer W. Bussmann², Manfred Kueppers³

¹

& 3 Universidad de Hohenheim, Instituto de Botanica y
Jardín Botánico, Garbenstr. 30, D-70599
Stuttgart, Alemania, e-mail: pablo_lozano@hotmail.com

²Universidad

de Hawaii, Harold L. Lyon Arboretum, 3860 Manoa Rd., Honolulu, HI
96822, e-mail: bussmann@hawaii.edu.

*

Autor de correspondencia

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.449.1>

Landslides as ecosystem disturbance - their implications and importance in Southern Ecuador

Abstract

Landslides along the Andean mountain chain produce serious damage with widespread environmental and economical effects for the Andean countries. Landslides have a particularly high significance in Southern Ecuador. Only few studies address the causes and effects of landslides, and much more data is needed to understand this phenomenon. In this paper the causes as well of landslides, their shapes in different environments and the environmental effects of landsliding are discussed from the biological and economical point of view. Special attention is given to South Ecuador, where constant landslides are characterized by a distinct vegetation and specialized pioneer flora. The lack of knowledge about gap size, seed bank and other internal or environmental factors does not allow advance mitigation of landslide effects.

Key words: Ecuador, Landslide, Disturbance, Species loss

Resumen

Los derrumbos en las montañas Andinas, han ocasionado serios daños con amplias repercusiones ambientales y efectos económicos para los países andinos. Los derrumbos tienen una particular alta significancia en el sur del Ecuador. Solamente pocos estudios han direccionado las causas y efectos que estos producen, siendo necesario poner más atención en este tipo de estudios. En este trabajo se enfoca las diferentes causas así como las formas que se presentan y las repercusiones en el ambiente, tanto desde el punto de vista biológico así como un análisis económico. Se realiza un enfoque dirigido al sur del Ecuador, sitio de constantes derrumbos, con una flora especializada en colonizar estos ecosistemas perturbados. La falta de atención a factores como tamaños del gap, banco de semillas entre otros intrínsecos y ambientales no nos permite actuar con precaución en la mitigación de sus efectos.

Palabras clave: Ecuador, Derrumbo, Perturbación, Pérdida de especies

Introducción

Por varios años, la recuperación de la vegetación ha sido estudiada como un tópico importante en la ecología de plantas (Peet & Christensen 1980). La investigación de perturbaciones en el ambiente tiene una larga tradición, enfocándose en diferentes impactos, restauración y sucesión (White & Jentsch 2001). Algunos estudios sugieren que las perturbaciones naturales juegan un importante rol en el sustento de la biodiversidad (Christensen *et al.* 1989). Estos procesos de regeneración y sucesión son muy importantes en cambios de merma de bosque causados por actividades humanas, donde la fragmentación de hábitat puede aumentar las tasas de perturbación. (Bergeron & Brisson 1990).

Los derrumbos naturales y antropogénicos son comunes en todos los Andes incluyendo Ecuador, y han producido serios y continuos daños (Benitez 1989). Desafortunadamente muy pocos estudios existen bajo este tema en Ecuador (Ohl & Bussmann 2004; Stern 1992; Benitez 1989). Los derrumbos están influenciados por una serie de factores internos (fenómenos piroclásticos o termoplásticos) y ambientales externos, especialmente clima, inclinación, tipo de suelos, frecuencias de temblores y construcción de carreteras. Estos factores, algunas veces combinados, son la principal fuerza que producen los quebrantamientos terrestres y derrumbes. Las montañas de los Andes siempre han sido afectadas por drásticos procesos climáticos, los cuales influyen directamente movimientos "deslizamientos" de tierra y composición de plantas, como parte de una dinámica natural. Los regimenes de perturbación, tienen ciertas implicaciones en la conservación de ecosistemas e influencia en la pérdida de especies. La invasión de especies nativas o exóticas juegan un importante rol en los procesos de recuperación después de derrumbos.

Caída y Movimientos

En muchas montañas, continuos movimientos de material ocurren sobre colinas inclinadas. "La caída de Rocas" es a menudo usada como el termino general sin más referencia para el material involucrado (Dikau *et al.* 1996). Una caída ocurre cuando en una colina-inclinada natural excede el límite del balance de material que lo compone. La caída puede tener varios causas directas o

indirectas sean estas naturales o antrópicas.

Es importante considerar que los Andes son caracterizados por el levantamiento debido a la convergencia activa de la placa de Nazca (Van der Hammen 1988). Intensa actividad sísmica que ocurre constantemente. El levantamiento promedio es de un metro por cada mil años, rápida erosión ha resultado en amplia distribución de inestables terrenos inclinados (Eriksen *et al.* 1989). La forma del derrumbo "movimiento" y su velocidad tiene interrelación con la naturaleza de la caída, tamaño y proveniencia del material. Diferentes clasificaciones basados en caída tanto en genética o descriptivos aproximaciones son usados (Whalley 1974). La clasificación común más utilizada esta basada en el origen y naturaleza del material, sin embargo varias otras descripciones y sugerencias existen. Por ejemplo Terzaghi (1962), describe los "movimientos" según el tipo de roca, enfocando en el mecanismo de ruptura y la acción del agua en la Roca.

Movimiento y Derrumbo

El termino derrumbo es usado para un movimiento de material o despojo a lo largo de una superficie reconocida (Buma & Van Asch 1996). Al menos dos diferentes tipos de movimientos "desplazamientos" son reconocidos: Rotacional, el cual básicamente se describe como, después de la caída es iniciado, la caída o masa empieza a rotar; y traslacionar, el cual no es una caída circular, pero actúa como un movimiento largamente controlado por la superficie débil entre la estructura de la formación de material de caída. El movimiento de traslación puede ocurrir en tres tipos de material: Roca, material suelto con piedra y suelo. Dependiendo sobre el ángulo, caída y la velocidad, el deslizamiento puede permanecer como un bloque discreto sobre la superficie de caída o romper en material suelto con piedra. Según Varnes (1978), citado en Dikau *et al.* (1997), muestra la siguiente clasificación (Tabla 1):

Tipo de movimiento		Tipo de material			
		Roca-Madre		Ingeniería de suelos	
				Predominante grueso	Predominante fino
Caidas			Caída de Roca	Debris caída	Caída de Tierra
Derribar			Roca derribada	Debris derribado	Tierra derribada
Deslizamiento	Rotacional	Pocas unidades	Caída de Rocas	Caída de Debris	Caída de tierra
	Traslacional	Muchas unidades	Roca bloque derrumbo	Debris deslizamiento de bloques	Movimiento de bloque de tierra
Propagación lateral			Roca derrumbo Roca propagada	Debris caída Debris propagado	Movimiento de tierra Dispersión de tierra
Flujos			Roca fluida (arrastramiento profundo)	Debris fluido	Tierra fluida (arrastramiento de suelo)
Combinación compleja de dos o más tipos principales de movimientos					

Tabla 1. Clasificación de Derrumbos sugerido por Varnes (1978)

Disturbios y Pérdida de Especies

Diferentes tipos de disturbios, tales como fuego, derrumbos, inundaciones, pastoreo, entre otras cambian la organización biológica de los ecosistemas. Los "disturbios juegan un rol crucial en la preservación de la diversidad biótica" (Darwin 1859). Especies desarrollan un diverso espectrum de habilidades relativos a los disturbios (Vogl 1974). Después de un disturbio particular, algunas especies aumentan en numero o invaden, mientras otras merman o se retraen (Walker *et al.*

1999). Especies dominantes y no dominantes pueden aparecer en el mismo grupo funcional y pueden ser similares con respecto a su contribución a función de ecosistemas. Que se conectan en abundancia bajo condiciones ambientales de cambio permitiendo "estabilidad funcional".

América Latina tiene la mayor extensión de bosque tropical (Whitmore 1997), pero también la tasa más alta de deforestación, con aproximadamente 32 millones ha o 0.96%/anual. La diversidad de plantas en el Ecuador es considerada extremadamente diversa, con un alto grado de endemismo (Lozano *et al.* 2003; Lozano & Bussmann in prep), probablemente se debe a la composición de diferentes linajes, y también influenciados por el ambiente así como factores geográficos (Richter 2003). Varias especies que habitan en las montañas andinas, son restringidas a rangos limitados y altitudes específicas (Young 1994), en algunos casos permitiendo una radiación explosiva como lo reportó Gentry (1982) y Jost (2004). El mejor ejemplo en este sentido son los cinturones de vegetación de la "Reserva San Francisco" en la ceja de montaña del occidente del Parque Podocarpus al sur del Ecuador, donde Bussmann (2002) reportó una extrema diversidad y compleja asociación vegetal. Disturbios en áreas con tales condiciones de especiación afectan el completo ecosistema y requiere "complejos" procesos para su recuperación.

Durante las últimas décadas, el bosque tropical de América está rápidamente siendo alterado y desapareciendo, con una extracción estadística de 2.6 millones ha/año. Su extrema riqueza de biodiversidad se está perdiendo con efectos difíciles de predecir. No existen datos exactos de tasas de deforestación en Ecuador. Algunas sugerencias en pérdidas de bosque están entre 136.000 a 340.000 ha/año (FAO 2001). El sur del Ecuador no muestra una tasa muy alta de deforestación, ya que el mayor aprovechamiento forestal se concentra al nor-oeste del país, sin embargo la deforestación es global con una deforestación agresiva en el sur del Ecuador también.

Sucesión

La sucesión de vegetación usualmente sigue procesos naturales y antrópicos. El término sucesión es usado para describir varios tipos de cambios en la vegetación en diferentes escalas en el tiempo y espacio (Finegan 1984). Los primeros estudios describen la secuencia de especies que sucesivamente invaden un sitio (Cooper 1913), muestran cambios en biomasa, productividad, diversidad y nichos (Odum 1969), mientras otros se enfocan en el estrés físico entre las plantas en competición de recursos como el principal mecanismo que determina el curso de la sucesión (Colinvaux 1973). Además las interacciones competitivas con herbívoros, predadores y agentes patógenos son de importancia crítica en el curso de la sucesión (Connell & Slatyer 1977). La alta red primaria de productividad de sucesión de ecosistemas puede apoyar en gran escala a la población animal (Linares 1976), desde este principio de interacción, sirve como un importante núcleo de establecimiento de especies durante los procesos de sucesión.

Factores del ambiente físico "abioticos" (luz, temperatura, suelo, humedad relativa) activan el funcionamiento fisiológico, por ejemplo de las semillas si las especies pioneras se encuentran en el suelo, en este caso los bancos de semillas tienen ventajas de las perturbaciones, aumentando las condiciones óptimas de la sucesión temprana de las plantas. Existen pocos datos y estudios de rangos de fragmentación. (Young 1994). La distribución y tamaño de los parches, probablemente reflejan dispersión de semillas más que diferencias de sitios (Ewel 1983). Otras consideraciones en sucesión son descritas por Richter (2003), específicamente para el sur de Ecuador. Donde, condiciones climáticas, principalmente humedad y fisiografía de las cadenas montañosas, describen micro-sitios y variedad de ambientes. Esto, combinado con regímenes de frecuencia y diferentes tamaños de perturbación, especialmente "derrumbos", pueden ser considerados óptimos centros para intercambios genéticos como consecuencia de subdivisión de nichos micro-geográficos.

La Sucesión es importante por dos razones: el valor del concepto en el desarrollo de la ecología como ciencia y su enorme potencial en el desarrollo de programas de conservación y explotación de recursos biológicos (Richards, 1976 citado en Finegan, 1984).

La vegetación pionera en derrumbos en el sur de Ecuador muestra a menudo un alto número de especies. 56 familias, 127 géneros y 264 especies se encontraron en derrumbos naturales, mientras que con influencia antrópica se encontró 69 familias, 127 géneros y 313 especies (Lozano & Bussmann 2005).

Disturbios Antrópicos y su Significado Económico

Desde el punto de vista de la ingeniería civil, las montañas a menudo presentan condiciones difíciles para la construcción de carreteras y mantenimiento (Young 1994). Especialmente porque el mantenimiento es políticamente inatractivo comparado la estabilidad que proporcionan los caminos nuevos, en este sentido son esfuerzos mínimos los realizados para mantener la infraestructura existente. Los gastos socio-económicos después de derrumbos por construcción de caminos han

sido estudiados en San. Vincent, Santa. Lucia y Dominica, donde el promedio del costo anual por daños de derrumbos a carreteras varia entre \$115,000 a \$121,000 en años normales (De Graff *et al.* 1989). El promedio del costo anual de investigación de derrumbos, mantenimiento y reparación en toda la isla de Trinidad y Tobago son \$1,26 millones y \$0,96 millones, respectivamente. En un promedio anual el costo de reparación por daños de derrumbos en las carreteras del caribe es \$15 millones. Ericksen *et al.* (1989), indican que en los Andes centrales y sur el promedio anual de daño esta en el orden de varios decenas de millones de dólares. Los mayor derrumbos, que ocurren en intervalos entre 5 a 10 años, pueden causar daños de cientos de millones de dólares, adicionalmente seguros personales claman devolución de daños y perjuicios.

Stern (1992) describe como los temblores de tierra causaron una conmoción nacional socio-económica y desastre ambiental el 05 de marzo de 1987 al Nor-este del Ecuador. Miles de vidas humanas se perdieron después del derrumbo y caída de tierra, Chávez y Lara (1989) estimaron 400000000 m³ de material y Figueroa *et al.* (1987) reporto sobre los 6000000000 m³ de derrumbo de aluvi6n y rocas que fueron depositados y transportados bajo la corriente de los r6os Aguarico y Coca. Treinta y tres Km. de el oleoducto trans-Ecuatoriano y 45 Km., del oleoducto de gas natural, lo cual tomo ocho meses para reparar el da6o. Por otro lado Ben6itez (1989) reporto que un derrumbo junto a Chunchi 1983 bloqueo la v6a Pan-Americana, serios da6os en hogares y perdida de 150 vidas fue el resultado de esta tragedia. El impacto socio-econ6mico relacionado a ganado y agricultura sin considerar vidas humanas, excede los \$4 millones en la d6cada pasada. En el sur de Ecuador "derrumbos" da6an continuamente las v6as, especialmente en la v6a a Zamora y Valladolid. Esto ha dejado serios desastres y grandes perdidas econ6micas.

Conclusiones

Los derrumbos en los Andes Ecuatorianos son amplios y dispersos, principalmente por influencia de la inestabilidad de las pendientes, lo cual combinado con condiciones abi6ticas adversas, as6 como la inapropiada construcci6n de carreteras y otros factores antropog6nicos, resultan en una serie de impactos. Millones de d6lares han sido gastados en las 6ltimas d6cadas en mitigaci6n de derrumbos en Ecuador. La perturbaci6n de cuencas hidrogr6ficas todav6a continua, sin un plan nacional de mitigaci6n o estrategia para la preservaci6n de bosques, que no est6n incluidas en las pol6ticas nacionales.

En los bosques nublados, la sucesi6n en "gap" espacios abiertos, empiezan con una lenta cobertura de musgos y otras cript6gamas, seguido de hierbas (gram6neas especialmente), arbustos y finalmente 6rboles arriban en la etapa final. Varias especies est6n restringidas a estrechas y espec6ficos rangos de elevaciones. La riqueza de especies en el sur del Ecuador indica un alto n6mero de especies pioneras presentes en regeneraci6n entre los rangos (2500 - 2800 m s.n.m.). No obstante a6un no es suficientemente entendido si las perturbaciones act6an como un motor para el mantenimiento de la biodiversidad.

La fragmentaci6n por r6gimenes de disturbios naturales y antropog6nicos, especialmente derrumbos en los Andes del Ecuador, parece usualmente estar ligado a factores legales y econ6micos. Las evaluaciones pol6ticas, deben incluir criterios tales como requerimientos sociales y herramientas de manejo ambiental, aplicadas como un plan constante de mitigaci6n y esfuerzo para la preservaci6n de la biodiversidad.

Agradecimientos

Agradecemos a la "**Fundacion Nacional Alemana para la Investigacion (DFG)**" por apoyar a **este proyecto de investigaci6n** (DFG FOR 402-1/1 TP7 and FOR 402-2/1 A2, as6 tambi6n a la Universidad Nacional de Loja, Departamento de Botanica y Ecolog6a, Herbario LOJA.

Referencias

- Benitez, A. 1989. *Extend and Economic Significance in Ecuador*. Brabb, E.E. & B.L. Harrod (Eds.). *Landslides: Extent and Ecological Significance*. Balkema, Rotterdam.
- Bergeron, Y. & J. Brisson. 1990. Fire regime in red pine stands at the northern limit of the species range. *Ecology* 71, 1352-1364.
- Buma, J. & T. Van Asch. 1996. *Slide Rotational 4: 43-61*. In: Dikau, R.; D. Brunnsden; L. Schrott & M. Ibsen (Eds.). *Landslide Recognition*. Report No. 1 of the European Commission Environment Programme Contract No. EV5V-CT94-0454. Identification, Movement and Causes. Chichester. Pp.

- Bussmann, R.W. 2002. Estudio Fitosociológico de la Vegetación en la Reserva Biológica de San Francisco (ECSF), Zamora Chinchipe. *Herbario Loja* 8.
- Chávez, M.A. & O. Lara. 1989. *Análisis de los deslizamientos catastróficos Producidos por los Sismos de marzo 5 de 1987*. 1° Simposio Suramericano de Deslizamientos, 7-10 agosto, Paipa, Colombia.
- Christensen, N.L.; J.K. Agee; P.F. Brussard.; J. Hughes; D.H. Knight; G.W. Minshall; J.M. Peek; S.J. Pyne; F.J. Swanson; J.W. Thomas; S. Wells; S.W. Williams & H.A. Wright. 1989. Interpreting the Yellowstone fires of 1988. *Bioscience* 39, 678-685.
- Colinvaux, P.A. 1973. *Introduction to Ecology*. Wiley, New York. 621 pp.
- Connell, J.H. & R.O. Slatyer. 1977. *Mechanism of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization*. Amer. Natur. 111, 1119-1114.
- Cooper, W. S. 1913. The climax forest of Isle Royale, Lake superior, and it's development. *Bot. Gaz.* 55: 1-235.
- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by means of natural selection*. John Murray, London.
- De Graff, V.J.; R. Bryce; R.W. Jibson; S. Mora & C.T. Rogers. 1989. Landslides: Their Extent and Significance in the Caribbean. In: Brabb E.E. & B.L. Harrold (Eds.) *Landslides: Extent and Ecological Significance*. Balkema, Rotterdam
- Dikau, R.; D. Brunnsden; L. Schrott & M. Ibsen (Eds.) 1996. *Landslide Recognition*. Report No. 1 of the European Commission Environment Programme Contract No. EV5V-CT94-0454. Identification, Movement and Causes. Chichester. Pp. 251.
- Erikson, G.E.; C.F. Ramirez; J.F. Concha; M.G. Tisnado & B.F. Urquidi. 1989. Landslides hazard in the central and southern Andes: 111-117. In: Brabb, E.E. & B.L. Harrold (Eds.). *Landslides: Extent and Ecological Significance*. Balkema, Rotterdam.
- Ewel, J. 1983. Succession. In: *Ecosystem of the World 14A Tropical Rain Forest Ecosystems. Structure and Functions*. Golley, F.B. (Ed.). Elsevier Scientific Publishing Company. New York. 13, 217-223.
- FAO. 2001. *Estado de la Información Forestal en el Ecuador, Información para el Desarrollo Forestal Sostenible* Monografía de Países, Volumen 7, Santiago, Chile.
- Figueroa, E.; G. Oviedo; C. Vela; R. Sierra; H. Balslev; J. Torres; A. Carrasco & T. de Vries. 1987. *Evaluación del Impacto Ambiental del sismo en la Amazonia*. Fundación Natura. Quito, Ecuador.
- Finegan, B. 1984. Forest Succession. *Nature* 312, 109-113.
- Gentry, A. 1982. Neotropical Floristic Diversity: Phytogeographical Connections Between Central and South America, Pleistocene Climatic Fluctuations, or an Accident of the Andean Orogeny? *Ann. Missouri Botanical Garden* 71, 273-295.
- Jost, L. 2005. Explosive Local Radiation of the Genus *Teagueia* (Orchidaceae) in the Upper Pastaza Watershed of Ecuador. In: Lozano, P.; R.W. Bussmann & H. Navarrete (Eds). *Memorias del II Congreso de Biodiversidad de los Andes y Amazona y IV Ecuatoriano de Botánica*. Fundación Ecuatoriana Para la Investigación de La Botánica FUNBOTANICA, Loja-Ecuador.
- Linares, O.F. 1976. "Garden hunting" in the American tropics. *Human Ecol.* 4, 331-349
- Lozano, P. & R.W. Bussmann. 2005 (In press). Importancia de los deslizamientos en el Parque Nacional Podocarpus, Loja-Ecuador. *Revista Peruana de Biología* 12 (2).
- Lozano, P.; T. Delgado & Z. Aguirre M. 2003. *Estado Actual de la Flora Endémica Exclusiva y su Distribución en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus*. Publicaciones de la Fundación Ecuatoriana para la Investigación y Desarrollo de la Botánica. Loja, Ecuador.
- Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*. 164, 262-270.
- Ohl, C. & R.W. Bussmann. 2004. Recolonisation of Natural Landslides in Tropical Mountains Forest of Southern Ecuador. *Feddes Repertorium* 115 (3-4). 248-264.
- Peet, R.K. & L. Christensen. 1980. Succession: A Population Process. *Vegetation* 43, 131-140.
- Richards, P.W. 1976. *The Tropical Rain Forest*. Cambridge University Press.
- Richter, M. 2003. Using Epiphytes and Soil Temperatures for Eco-Climatic Interpretation in Southern Ecuador. *ERDKUNDE* 57, 161-181.
- Stern, M.J. 1992. *Ecosystem Response to Natural and Anthropogenic Disturbances in the Andean Cloud Forest of Ecuador*. Ph.D. Thesis. University of California.
- Terzaghi, K. 1962. Stability of steep slopes on hard unweathered Roca. *Geotechnique* 12, 251-270.
- Van der Hammen, T. 1988. *South America. Vegetation History*. Kluwer Academic Publisher

- Vogl, R.J. 1974. Effects of fire on grassland. In: Kozlowski T.T. & C.E. Ahlgren (Eds.) *Fire and Ecosystems*. Academy Press, New York, pp. 139-194.
- Walker, B.; A. Kinzing & J. Langridge. 1999. Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems* 2, 95-113.
- Whalley, W.B. 1974. The mechanics of high magnitude low frequency Roca failure and its importance in a mountainous area. *Geogr. Papers*, Reading University. 27, p. 48.
- White, P. & A. Jentsch. 2001. The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics. *Progress in Botany* 62, 399-449.
- Whitmore, T.C. 1997. Tropical Forest Disturbance, Disappearance, and Species Loss Pp.3-12 In: Laurence, W. & R. Bierregaard (Eds.). *Tropical Forest Remnants*. The University of Chicago Press, London.
- Young, K. 1994. Roads and Environmental Degradation of Tropical Montane Forest. *Conservation Biology* 8 (4), 972-976.