La granja:
Revista de
Ciencias de la Vida
DOI: 10.17163.lgr.n20.2014.04

Artículo científico / Scientific paper

Desertificación

ABYA YALA | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Diagnóstico multitemporal de las áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la provincia del Azuay a partir del año 1982

Multitemporal diagnostic of environmental regions sensible to desertification in the Azuay province after 1982

Fredi Portilla, María Noguera y Nelson Pacheco

Centro de Investigación en Modelamiento Ambiental CIMA-UPS, Estación Científica, Universidad Politécnica Salesiana, Calle Vieja 12-30 y Elia Liut, Telf. (593) 7 2862213 ext 1121. Cuenca, Ecuador

Autor para correspondencia: fportilla@ups.edu.ec

Manuscrito recibido el 17 de junio de 2014. Aceptado, tras revisión, el 16 de diciembre de 2014.

Resumen

El presente estudio indaga en la documentación existente, información que permita evaluar históricamente el proceso de desertificación con un análisis multitemporal y multicriterio mediante sistemas de información geográfica (SIG), para determinar los lineamientos necesarios para revertir, controlar y prevenir el este proceso en la provincia del Azuay. En el periodo 1982 y 2008, las áreas no susceptibles a la desertificación disminuyeron en un 2,28 %, y las zonas con susceptibilidad potencial en un 3,75 %; mientras que las áreas frágiles aumentaron en 0,71 %, y las áreas con susceptibilidad crítica en 5,32 %.

Palabras claves: Desertificación, diagnóstico, ESAs, multitemporal, SIG

Abstract

This research highlights the importance of desertification due to economic, social and environmental impacts (Poch, 2011; Abraham y Torres, 2007; Reynolds y Stafford, 2002), and how efforts to determine the magnitude and impact of desertification in the country are very limited. It examines existing documentation that allows for a historical evaluation of the process of desertification through geographic information systems (GIS) and multitemporal and muticriteria analysis, to determine the steps needed to revert, control, and prevent this process in the Azuay province. In the periods between 1982 and 2008, regions not vulnerable to desertification decreased by 2.28 %, highly vulnerable regions decreased by 3.75 %, while fragile regions increased by 0.71 % and those with critical vulnerability increased by 5.32 %.

Keywords: Desertification, diagnostic, ESAs, multitemporal, GIS.

Forma sugerida de citar: Portilla, F., M. Noguera y N. Pacheco 2014. **Diagnóstico multitemporal de las áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la provincia del Azuay a partir del año 1982.** La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 20(2): 36-44. ISSN: 1390-3799.

© 2014, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

1. Introducción

1.1 Situación mundial

Investigaciones destacan la importancia de la desertificación, por los impactos económicos, sociales y ambientales que genera (Poch, 2011; Abraham y Torres, 2007; Reynolds y Stafford, 2002), sin embargo, los esfuerzos realizados para determinar el alcance e impacto que tiene la desertificación en el país son muy limitados.

Durante la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo (1991) se adoptó la siguiente definición: "por desertificación se entiende la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humana" (ONU, 1994).

Los procesos de desertificación toman realce internacional en los años 90, cuando se identifica su presencia a escala global, advirtiendo perjuicios económicos por la pérdida de la capacidad productiva y degradación de grandes extensiones de tierras secas (Abraham y Torres, 2007).

Actualmente, la desertificación se extiende por más de 3 600 millones de hectáreas en todo el mundo, lo que representa el 25 % de la masa terrestre y una amenaza al sustento de más de mil millones de personas en unos 100 países (UNCCD, 2012). Se estima que 12 millones de hectáreas de tierra productiva se convierten en baldías cada año debido únicamente a la desertificación y la sequía (IFAD).

Además de disminuir la tierra productiva, y la destrucción de importantes ecosistemas en el mundo, la desertificación está ocasionando una pérdida económica de 40 mil millones de dólares al año (Poch, 2011), situación que amenaza constantemente el bienestar económico y ambiental de las personas que dependen directamente de estas tierras.

Con respecto a América Latina y el Caribe, un cuarto de su superficie son desiertos y tierras secas. Sólo en América Latina existen 80 millones de personas que viven en regiones áridas y semiáridas. (Poch, 2011).

La degradación de las tierras es producto de la variabilidad de los factores climáticos y de las actividades humanas (Morales, 2005), estas últimas insostenibles como el sobrecultivo, el sobrepastoreo, la deforestación y los incendios de áreas silvestres. La variabilidad climática y las actividades humanas han provocado la reducción en la productividad biológica y económica de las tierras con consecuencias negativas en los cuerpos de agua e infraestructuras civiles, afectando a la seguridad alimentaria y desencadenando en desórdenes y conflictos sociales (Perlis, 2007).

1.2 Desertificación en el Ecuador

El Ecuador forma parte del Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación, desde el año de 1995. Sin embargo, en el país no se han realizado análisis integrales del proceso de degradación de la tierra, de manera que resulta complicado identificar con precisión las áreas susceptibles a la desertificación. La mayor parte de los estudios analizan independientemente los factores que inciden en este problema, tales como el clima, procesos erosivos, deforestación y sequía (Cevallos, 2004).

Según Lugo (1995), desde un enfoque climático (zonas con una precipitación igual o menor a 500 mm), a nivel nacional, el 4 % del territorio (1 100 000 ha) es susceptible a la desertificación (MAE, 2000); mientras que en un estudio basado en la clasificación de zonas de vida del sistema de Holdridge (Cañadas, 1983), el Ecuador presenta 25 zonas de las cuales 11 entran en las categorías de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas (relación de evapotranspiración potencial y precipitación igual o inferior a uno), constituyendo zonas susceptibles a la desertificación el 27,54 % del territorio nacional (MAE, 2000).

En relación al uso de suelo, el 45,7 % del territorio ecuatoriano es utilizado para la agricultura y el 18,8 % para pastizales (FLACSO *et al.*, 2011), actividades que degradan constantemente los suelos. Por otro lado, se estima que el 47,9 % del territorio nacional, tiene presiones o problemas erosivos (FLACSO *et al.*, 2008).

Asimismo, según Carrera de la Torre (1972), ciertas zonas del país presentaban una tendencia muy evidente a la disminución de las precipitaciones, especialmente en áreas que fueron productivas hasta mediados del siglo XX, y que para el año de 1972 constituyeron tierras estériles. Del mismo modo, du-

© 2014, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

rante un período de sequía ocurrido en el año de 1991, se estimó que 2.9 millones de Ha de cultivos eran sensibles a las sequías, mientras que en 1999 ya se estimaba en 90 000 Ha las tierras que manifestaban características desérticas (Cevallos, 2004).

Por otro lado, en el año de 1999, el país presentó la densidad poblacional más alta de América del Sur, concentrada en las regiones de la Costa y Sierra. En el mismo año, la población que vivía bajo condiciones de pobreza, correspondió al 77,8 % de la población rural, y al 44,6 % de la población urbana, en donde la población rural estuvo asociada a la escasez de la tierra, el deterioro ambiental y la desertificación (MAE, 2000).

Además, otro de los problemas que acarrea nuestro país estrechamente relacionado con la degradación del suelo es la deforestación. Entre 1990 y 2008 se perdieron alrededor de 19 000 Km^2 de bosque natural (SENPLADES, 2013). De las áreas deforestadas solamente el 3,6 % se reforestan y no se ha aprovechado la aptitud del suelo para forestación (Orellana, 2011). Actualmente, la deforestación continúa siendo una de las principales preocupaciones para el país. Según el Ministerio del Ambiente, la tasa anual de cambio de cobertura de bosque para el periodo 2008-2012 es de 0,6 %, lo que se traduce en una deforestación anual promedio de 74 400 Ha.

1.3 Desertificación en el Azuay

En el 2006, el Centro de Investigaciones Sociales del Milenio (CISMIL) y el Gobierno Provincial del Azuay realizaron un valioso aporte sobre el proceso de degradación de la tierra en la provincia del Azuay, manejando en su análisis dos criterios: cobertura vegetal y erosión del suelo. Dicho informe menciona que el valor de vegetación natural remanente es del 45,2 % distribuida en proporciones heterogéneas; tal es el caso que, mientras el cantón Guachapala mantiene menos del 6,9 % de su cobertura natural, el cantón Oña reporta una mayor remanencia con un 69,1 % del total de su superficie. Por otro lado, los suelos erosionados, alcanzan alrededor del 3 % del territorio azuayo, donde Guachapala reporta un 40 % de su superficie erosionada, en tanto que Chordeleg, Sígsig, San Fernando, Girón y Camilo Ponce Enríquez son cantones con un mínimo o ningún reporte de suelos erosionados o en procesos. Los resultados obedecen a una relación directa asociada a los cantones del callejón interandino (condiciones naturales), donde se alcanza la mayor concentración poblacional, infraestructura vial y asentamientos humanos de la provincia (CISMIL, 2006).

Sin embargo, estos datos resultan insuficientes para obtener información necesaria que permita adoptar acciones preventivas y mitigadoras sobre los procesos de desertificación en la provincia. Por esta razón, la siguiente evaluación multitemporal y multicriterio busca generar un diagnóstico integral que determina las áreas susceptibles a la desertificación en toda la provincia del Azuay.

2. Metodología

Se realizó un análisis de la sensibilidad ambiental a la desertificación mediante una modificación del modelo desarrollado en el proyecto europeo MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use). En base a la metodología aplicada se identifican áreas con diferente grado de sensibilidad ambiental a la desertificación por medio del cálculo de un índice (Kosmas *et al.*, 1999). La propuesta de esta investigación es la de evaluar históricamente la desertificación, aplicando una modificación de esta metodología, con el fin de ajustarla a la información disponible de la provincia del Azuay; para finalmente, corroborar los resultados obtenidos con información levantada en campo.

Así, se tuvo en cuenta la información climática y cartografía temática del Azuay disponible para evaluar cada criterio, cuya valoración tenga un soporte que puede ser (o haya sido) verificado en campo. Por tanto, se limitó a incorporar información relativa únicamente a factores de calidad ambiental (Ver Tabla 1).

El cálculo de los índices de calidad y del índice final de sensibilidad ambiental a la desertificación (ESAs, por Áreas Medioambientalmente Sensibles, Environmentally Sensitive Areas) se obtiene como la media geométrica de los diferentes parámetros implicados como se expresa a continuación:

$$SQI_{(\text{Índice de Calidad del Suelo})} = (S * Mp * T)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$CQI_{(\text{Índice de Calidad del Clima})} = Pr \quad (2)$$

$$VQI_{(\text{Índice de Calidad de la Vegetación})} = (Cv * Fr * Rs * Ep)^{\frac{1}{4}} \quad (3)$$

LA GRANJA: *Revista de Ciencias de la Vida* 20(2) 2014: 36-44.
© 2014, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

$$ESAs = (SQI * CQI * VQI)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Para la realización de los cálculos, las diferentes capas de información integrantes del SIG, tanto ráster como vectoriales, fueron transformados en datos ráster con un tamaño de pixel de 30 x 30 m, correspondiente al tamaño de píxel del modelo digital del terreno empleado para el cálculo de la pendiente.

Se generó cuatro mapas correspondientes a los años de 1982, 1990, 2000 y 2008, donde los valores de ESAs obtenidos para la provincia del Azuay fueron divididos en cuatro clases principales de valoración, ordenados en función del grado de sensibilidad como: áreas no afectadas, áreas potenciales, áreas frágiles y áreas críticas.

Adicionalmente, se realizaron observaciones en campo dividiendo, en gabinete, todo el territorio de la provincia en cuadrantes de 20 Km mediante una grilla georeferenciada, donde fueron ubicados, de manera aleatoria, 66 puntos de muestreo. En cada uno de los puntos se captó el estado de la zona mediante fotografías y se efectuaron encuestas a los pobladores con el fin de aprovechar sus conocimientos e identificar las principales causas de los cambios en la susceptibilidad a la desertificación.

Tabla 1. Tipo de información, escala y fuente de los parámetros usados como capas temáticas para el cálculo de los índices calidad del suelo (SQI), clima (CQI) y vegetación (VQI).

Factor	Parámetro		Información
Suelo	Pendiente	S	Clasificación a partir con MDT (Modelo Digital del Terreno) de 30 m de equidistancia hipsométrica, Fuente: IGM.
	Material parental	Mp	Mapa Hidrogeológico del Ecuador (1:100.000). Fuente: MAGAP
	Textura	T	Mapa de textura del Ecuador, (1:250.000). Fuente: MAGAP
Clima	Precipitación	Pr	Clasificación a partir de Anuarios meteorológicos en el periodo 1982-2008, (26 estaciones).Fuente: INAMHI
Vegetación	Grado de cobertura	Cv	Mapa de cobertura vegetal 1982, 1990, 2000 y 2008, (1:250.000). Fuente: SENPLADES
	Riesgo al fuego	Fr	
	Resistencia a la sequía	Rs	
	Protección a la erosión	Ep	

© 2014, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

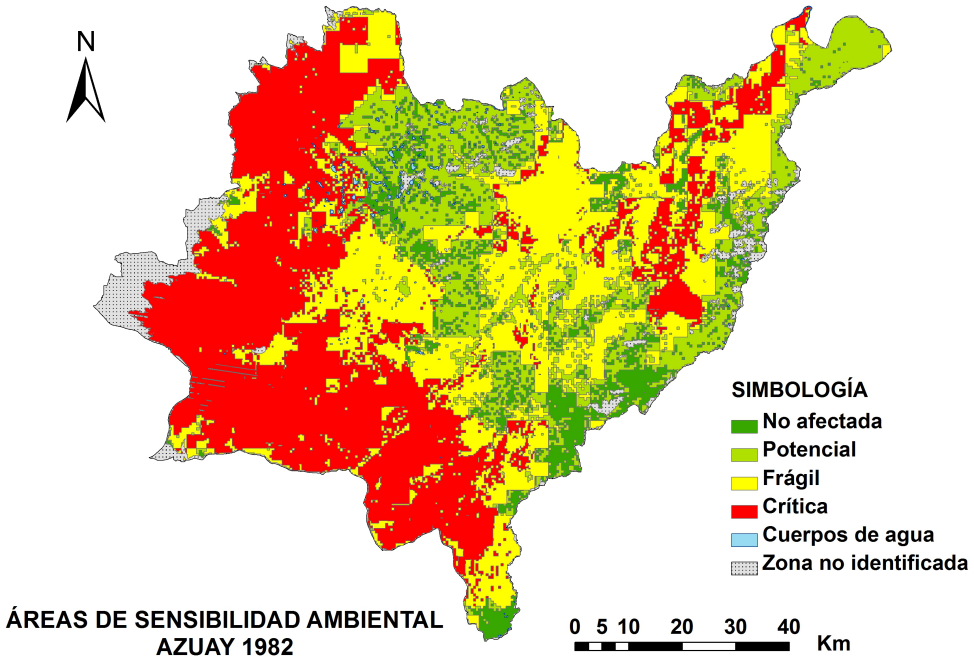

Figura 1. Mapas ESAs elaborados para cada uno años evaluados.

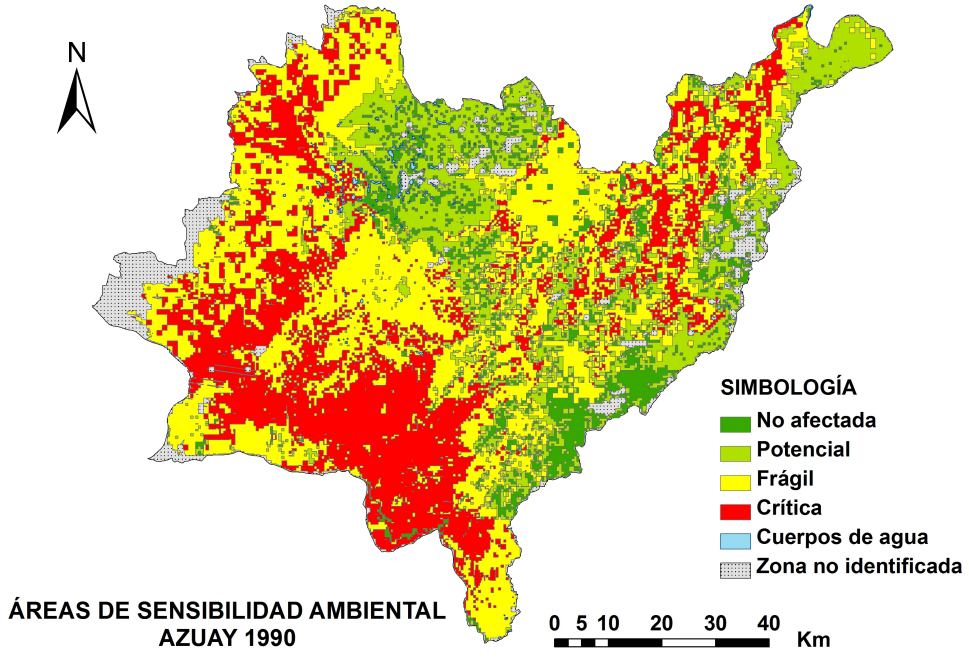

Figura 2. Mapas ESAs elaborados para cada uno años evaluados.

© 2014, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

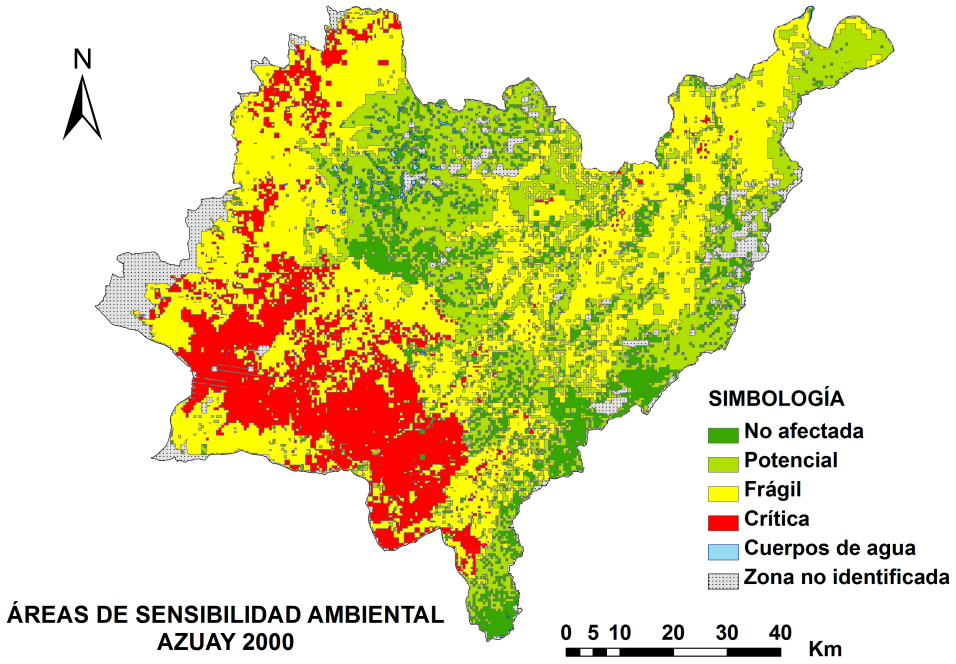

Figura 3. Mapas ESAs elaborados para cada uno años evaluados.

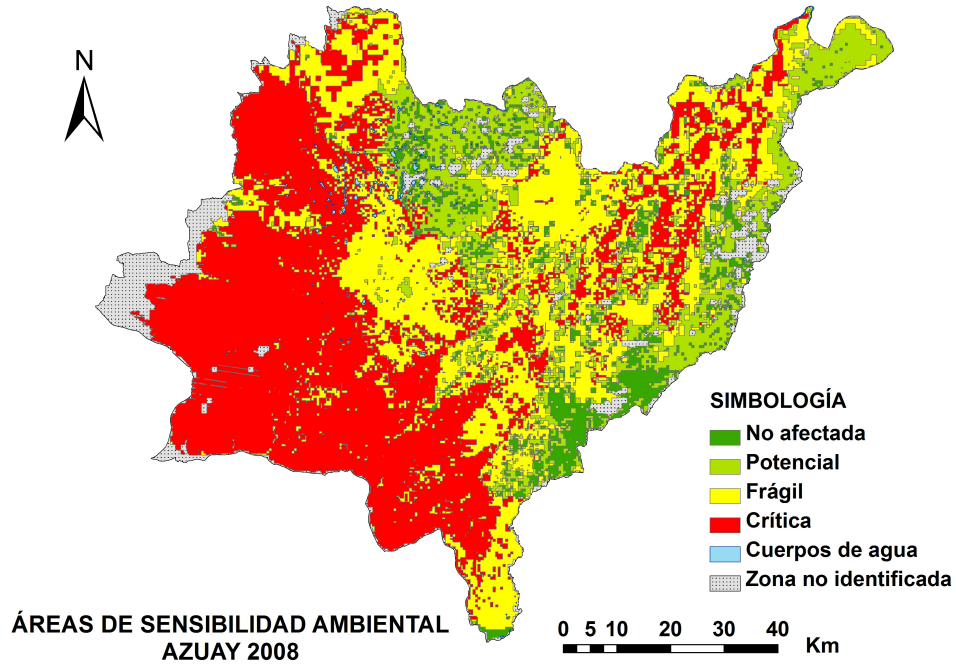

Figura 4. Mapas ESAs elaborados para cada uno años evaluados.

© 2014, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

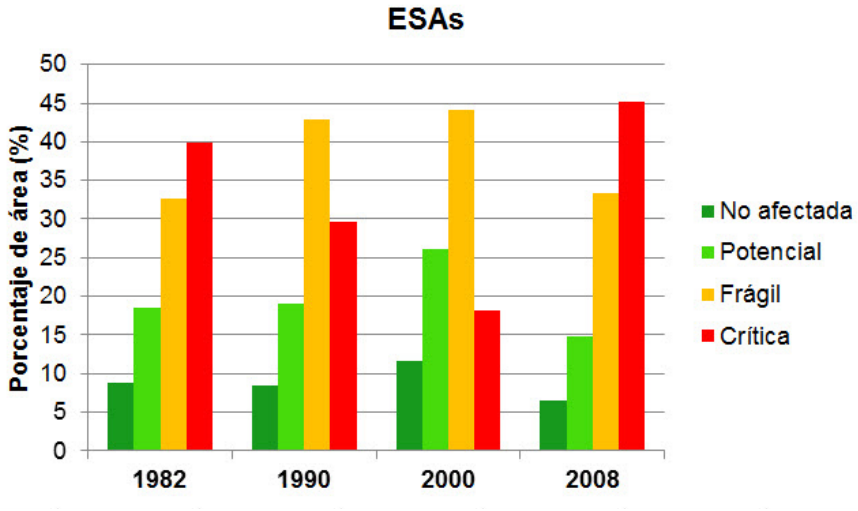

Figura 5. Porcentaje de la superficie del área de estudio ocupado por cada una de las clases de sensibilidad según los mapas de ESAs.

3. Resultados y discusión

Durante el período comprendido entre el año 1982 y 1990, las áreas no susceptibles a la desertificación disminuyeron en un 0,40 %, y las áreas con susceptibilidad crítica en 10,20 %. Por otro lado, las zonas con susceptibilidad potencial y zonas frágiles incrementaron en un 0,46 %, 10,14 % respectivamente.

Entre los años de 1990 y 2000, las áreas no susceptibles a la desertificación incrementaron en un 3,27 %, las zonas con susceptibilidad potencial en un 7,08 %, y las frágiles en 1,25 %; mientras que las áreas con susceptibilidad crítica disminuyeron en 11,61 %.

Para los años 2001 y 2008, las áreas no susceptibles a la desertificación se redujeron en un 5,15 %, las zonas con susceptibilidad potencial en un 11,29 %, y las frágiles en 10,68 %; mientras que las áreas con susceptibilidad crítica aumentaron en 27,13 %.

En términos generales, a partir del año de 1982 al 2008, el área con susceptibilidad crítica a la desertificación incrementó en 5,32 %, ubicada principalmente los cantones Camilo Ponce Enríquez, Pucará, San Fernando, Santa Isabel y Nabón. En los cantones Girón, Oña, Paute, Guachapala y Gualaceo incide en menor proporción.

El área frágil aumentó en 0,71 %, situada mayoritariamente en los cantones Cuenca, Girón y San Fernando; y con menor incidencia en Paute, Guachapala y Sígsig. Con respecto a las zonas con susceptibilidad potencial, estas disminuyeron en 3,75 %, localizadas en la parte central y este del Azuay (prevalece en el cantón Sevilla de Oro, Cuenca y Sígsig; y con menor presencia en Chordeleg y El Pan).

El área sin susceptibilidad a la desertificación disminuyó en 2,28 %, y se encuentra especialmente en la parte central, sureste, y norte de la provincia (tiene relevancia en el cantón Sígsig, Nabón, y Cuenca; y en menor proporción en Gualaceo y Chordeleg).

4. Análisis de campo

Los registros y encuestas revelaron una serie de actividades y sucesos que promovieron la degradación de los suelos durante los últimos 30 años. La población reconoce la eliminación de grandes áreas de bosques en su mayoría chaparral y un cambio del uso de la tierra, antes destinada a cultivos y ahora reemplazados en gran parte por pastizales para la crianza de ganado vacuno, y en menor proporción ovino. La producción agrícola se ha limitado a cultivos asociados, principalmente de maíz, actividad que ha agotado los nutrientes del suelo, acelerando los procesos de erosión y provocando un descenso en la capacidad de recuperación natural del suelo. En cuanto a factores climáticos, la población explica que durante los últimos 30 años ha existido una dis-

LA GRANJA: *Revista de Ciencias de la Vida* 20(2) 2014: 36-44.
© 2014, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

minución de la intensidad de las precipitaciones y cambios en sus patrones (desplazamiento de épocas de lluvia), ocasionando problemas para el riego de los cultivos y la definición de temporadas de siembra.

5. Conclusiones y recomendaciones

El análisis multitemporal aplicado al modelo ESAs y la verificación en campo, permitieron identificar cambios en la susceptibilidad a la desertificación en el Azuay durante el periodo de 1982 - 2008. En particular, la sensibilidad ha aumentado considerablemente en aquellas áreas que inicialmente se encontraron definidas como no vulnerables a la degradación; esta acentuación de la sensibilidad a desertificación en la provincia se atribuye a los cambios en los patrones socioculturales, en las actividades productivas y en las tendencias territoriales tales como: el aumento de la presión demográfica y el uso y manejo del suelo agropecuario, cuerpos de agua y ecosistemas frágiles.

Los resultados obtenidos por el método ESAs revela que el área de estudio comprende cuatro clases de sensibilidad como crítico, frágil, potencial para la desertificación, y sin afección. Se reconoce que gran parte del territorio occidental Azuayo se encuentra bajo peligro de transición de una condición de fragilidad a un estado crítico, el cual necesita atención urgente. Bajo este mismo enfoque, hay una tendencia clara en la distribución espacial de la dirección de la desertificación dentro de la zona de estudio, que va desde el oeste hacia el noreste de la provincia.Si bien existen fluctuaciones en la sensibilidad durante los cuatro periodos de estudio; la sensibilidad global de la desertificación ha empeorado con áreas degradadas que representan el 45,25 % de la superficie total en el año 2008, en comparación al 39,93 % que se registró hasta el año de 1982.

Finalmente, la integración de diversos factores en la evaluación que inciden en la susceptibilidad a la desertificación (índices de calidad de clima, suelo y vegetación) define claramente que la desertificación es fenómeno complejo y como tal, demanda soluciones integradas partiendo desde una gestión política-administrativa armónica entre los gobiernos locales y el provincial, así como entre éste y el nacional, debido a que no se puede luchar contra la desertificación desde un sólo sector o ámbito. Este trabajo armónico institucional permitirá la generación de proyectos, normas y reglamentos que eviten la acción antrópica en favor de la desertificación, así como la generación de un plan de manejo ambiental que involucre medidas preventivas y de mitigación contra los agentes meteorológicos causantes de la desertificación.

6. Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por la Convocatoria de Proyectos de Investigación de la Universidad Politécnica Salesiana. De igual manera, los autores agradecen al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Instituto Nacional Geológico Minero Metalúrgico del Ecuador y la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo-Zona 6 y Ministerio del Ambiente por facilitarnos la información necesaria para realizar esta investigación.

Referencias

Abraham, E. y L. Torres. 2007. **Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía en América Latina y el Caribe**. Revista Interciencia.

International Fund for Agricultural Development (IFAD). **Desertificación**.

Carrera de la Torre, L. 1972. **Las Obras Hidráulicas y la Supervivencia del Ecuador**. Quito.

Centro de Investigaciones Sociales del Milenio (CISMIL). 2006. **Objetivos de Desarrollo del Milenio. Estado de situación 2006**. Cuenca.

Cevallos, J. E. 2004. **Repúlica del Ecuador: Proyecto Autoevaluación Nacional de las necesidades de fortalecimiento de capacidad**.

FLACSO, ESPOL, PUCE, Universidad de Cuenca, Contrato Social por la Educación en el Ecuador y ODNA. 2011. **Estado del país: Informe cero. Ecuador 1950-2010**. URL ⟨http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16191/1/ESTADO-DEL-PAIS-MAYO-09.pdf⟩.

© 2014, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

FLACSO, MAE y PNUMA. 2008. **Geo Ecuador 2008: Informe sobre el estado del medio ambiente**. URL ⟨http://www.flacsoandes.org/biblio/catalog/resGet.php?resId=41444⟩.

Kosmas, C., A. Ferrara, H. Briasouli y A. Imeson. 1999. **Methodology for mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification. In The Medalus project Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification**. Luxemburg.

Ministerio del Ambiente (MAE). 2000. **Informe del Ecuador sobre la Convención de Lucha contra la Desertificación**. URL ⟨http://www.unccd-prais.com/Uploads/GetReportPdf/0fc0c5f1-9ef3-40a8-b9a6-a0fa014a4add⟩.

Ministerio del Ambiente (MAE). 2004. **Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y mitigación de la sequía**. URL ⟨http://www.unccd.int/ActionProgrammes/ecuador-spa2004.pdf⟩.

Morales, C. 2005. **Pobreza, desertificación y degradación de tierras**.

Orellana, E. 2011. **Las microfinanzas y el cambio climático. Microfinanzas y la lucha contra la desertificación de la tierra en el Ecuador**. URL ⟨http://www.distrimac.com.ec/fundamic/images/stories/cambio_climatico.pdf⟩.

Organización de Naciones Unidas (ONU). 1994. **Elaboración de una convención internacional de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África**. Asamblea General, (pág. 66).

Perlis, A. 2007. **Los bosques y el agua**. Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales (Unasylva), 26.

Poch, G. 2011. **Desertificación: Amenaza global**. Revista Latinoamericana ADN, 3.

Reynolds, J. F. y D. M. Stafford. 2002. **Do humans cause deserts?** Dahlem Workshop Report, 88: 1–21.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). 2013. **Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017**. Quito.

United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). 2012. **The causes of desertification - fact sheet 2**. URL ⟨http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/Fact_sheet_02eng.pdf⟩.

© 2014, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.