

Evaluación de la dinámica de cambio en la cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Puyo, en la amazonia ecuatoriana, con el uso de los SIG

Darwin Javier Sucoshañay-Villalba ^(1*), Alberto Enrique García-Rivero ⁽²⁾ y José Evelio Gutiérrez-Hernández ⁽²⁾

(1) Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación - Universidad Estatal Amazónica, Puyo-Pastaza-Ecuador, Estudiante de Postgrado de la Universidad de La Habana, Cuba.

Correo electrónico: javier_dsv@hotmail.com; javier.villalba@geo.uh.cu

(2) Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, La Habana, Cuba

Recibido: mayo 22, 2015	Aceptado: junio 19, 2015
-------------------------	--------------------------

Resumen

Se presenta un estudio de la evolución de la cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Puyo en la amazonia ecuatoriana durante el periodo de 2000 – 2013, para lo cual se utilizaron imágenes satelitales del territorio de los años 2000, 2004 y 2013 con muy poca nubosidad, lo cual permitió diferenciar los tipos de cobertura existentes. Se identificaron cinco categorías principales de cobertura, de las cuales el uso agropecuario ha mostrado un incremento a expensas a la disminución de las áreas de bosque y el crecimiento de los asentamientos poblacionales, todo este proceso ha implicado un aumento de los suelos desnudos con el consabido impacto sobre la fertilidad de los mismos y el incremento de los sólidos en las principales corrientes fluviales, lo cual se torna preocupante al ocurrir en el sector norte de la cuenca hidrográfica estudiada, el cual es una zona de recarga y protección de los recursos hídricos de esta cuenca.

Palabras clave: Cobertura y uso de suelo, amazonia ecuatoriana, deforestación, Sistemas de Información Geográfica.

Assessment of the dynamics of change in coverage and land use in the Puyo river basin in the ecuadorian amazon, with the use of GIS

Abstract

The current paper features a piece of research dealing with the evolution of land cover and use of the Puyo river's basin in the Ecuadorian Amazonia during the 2000-2013 period, for which satellite images of the territory, with very little cloudiness, were used in 2000, 2004 and 2013, what allowed for establishing differences among the various types of existing land covers. Five main categories of covers were identified; of which, farming use has shown growth to the detriment of wood areas reduction and the increase of populated settlements. All this process has brought about an increasing number of uncultivated lands with the well-known impact on their fertility and a growing presence of solids in water streams, which is worrisome as it happens in the northern area of the hydrographic basin researched on, which is a reloading and protecting zone of this basin's hydric resources.

Key Words: Cover and land use, Ecuadorian Amazonia, deforestation, Geographic Information Systems.

1. Introducción

La amazonia ecuatoriana representa un área natural megadiversa en Ecuador, además de ser un territorio de vital relevancia para el mundo, se extiende sobre un área de 120.000 km², en el borde occidental de la cuenca del Amazonas y gran parte de ella está cubierta aún por exuberante selva tropical. Entre las principales atracciones, encontramos su gran diversidad de flora y fauna, una variedad de grupos étnicos y áreas protegidas naturales como el Parque Nacional Yasuní, declarado por la UNESCO como Reserva de Biósfera (Sucoshañay y Gutiérrez, 2014).

El crecimiento demográfico que está experimentando la amazonia ecuatoriana en la última década presenta una de las mayores tasas a nivel nacional. Según los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010, la provincia de Pastaza, donde se localiza la cuenca del río Puyo, presenta un 3,51% de crecimiento, superando el valor medio de Ecuador de 2,4%. Mas, et al., (2009) y Rosete, et al., (2009) citados por Nájera, Bojórquez, Cifuentes & Marcelleño (2010) manifiestan que el crecimiento exponencial muy reciente que ha experimentado la población humana a nivel mundial, sumado a la demanda de recursos naturales para satisfacer las necesidades de supervivencia de esa población y las formas y mecanismos de apropiación de los recursos, con frecuencia ligados a fuerzas sociales, económicas y políticas, han presentado implicaciones estructurales y funcionales sobre los ecosistemas.

La acelerada pérdida de la cubierta forestal lleva consigo el exterminio de la reserva genética inherente a los ecosistemas autóctonos. Entre las consecuencias más evidentes destaca la pérdida del potencial de uso de los múltiples bienes y servicios ambientales que proveen los ecosistemas para el bienestar humano, el calentamiento global, la alteración de ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, la introducción y desarrollo de especies exóticas y oportunistas, el exterminio de las especies nativas y la pérdida del hábitat en general (Velázquez, Mas, Gallegos, et. al., 2002)

Los datos de deforestación que hasta el momento han sido utilizados en el Ecuador provienen de diferentes iniciativas e instituciones, carentes de protocolos, procedimientos documentados y niveles de incertidumbre asociados a los datos, lo cual no ha permitido establecer y estandarizar un proceso metodológico para su replicación futura (Ministerio del Ambiente, 2012). En el periodo de 1990 – 2000 las zonas de deforestación se concentran en las provincias de Sucumbíos y Orellana en la Llanura Amazónica y Zamora en la Vertiente Oriental de los Andes, lo cual implica una mayor deforestación en la región natural amazónica. No se tiene registros que permitan determinar con exactitud el estado del uso de suelo de la cuenca estudiada y los cambios que esta ha sufrido, por lo cual la utilización de la teledetección en el marco de los SIG es una opción muy valiosa para determinar estos cambios en el territorio.

Los sistemas de información geográfica (SIG) se han convertido en una herramienta para el análisis geográfico de gran difusión. La causa principal de esto reside en la multitud de actividades en las que pueden ser útiles (Sendra et. al., 2000). El análisis multi-temporal constituye uno de los métodos más eficaces para la comparación y determinación de cambios (e.g. vegetación) que acontecen en un lapso de tiempo y que generalmente se deben a la acción del hombre sobre su entorno (Almeida, et. al., 2009).

1.1. Características del Área de Estudio

La cuenca del río Puyo se localiza en la parte central de la región natural amazónica ecuatoriana (Figura 1), con una superficie de 352 km². Forma parte de la cuenca del río Pastaza, su área de escurrimiento está delimitada por la cordillera oriental de los Andes. Sobre esta región toman decisiones 10 juntas parroquiales, 2 municipios y un consejo provincial. La mayoría de las localidades son rurales (solo Puyo y Shell son consideradas urbanas), en total suman el 60,4% de la población de la provincia Pastaza, en tan sólo el 1,2% del área la misma.

La población de la cuenca del río Puyo se concentra en los principales centros poblados que son: Puyo y Shell; Puyo es el principal centro económico y social del territorio, donde se desarrollan las actividades político-administrativas a nivel provincial, además de constituir el principal centro comercial de la producción agrícola local de los diferentes centros poblados que integran el territorio. Aproximadamente el área de estudio tiene 50.731 habitantes distribuidos en toda su extensión, de los cuales 36.659 habitantes se sitúan en la parroquia Puyo y en la ciudad de Puyo 33.557 hab. (INEC, 2014). La actividad industrial es baja, tan sólo se destaca una industria a lo largo del territorio. La actividad preponderante es la agropecuaria siendo la agricultura sustento para la población rural de la cuenca estudiada.

Las reservas de bosque en la cuenca del río Puyo están localizadas al norte y al sur de la misma, éstas constituyen los sitios de interés en función de las actividades de conservación de este recurso; ocupan un 43% de la superficie del territorio. Para los gobiernos municipales de Pastaza y Mera la protección de las áreas de montaña constituye uno de los pilares de trabajo. El Municipio de Pastaza ha propuesto una

declaratoria de bosque protector en la parte alta de la cuenca con el fin de conservar la estabilidad de la cuenca y en especial del recurso hídrico (GAD Municipal de Pastaza, 2010).

La actividad agropecuaria representa un eje principal para el comercio y como actividad preponderante dentro del territorio. Los productos agrícolas que se cultivan están destinados para consumo local en su mayoría, así también otros que van a mercados nacionales como la caña de azúcar y la naranjilla. La producción agrícola dentro del territorio se la puede considerar de autoconsumo, aunque cultivos como la papa china tienen su espacio dentro de los comercios locales, además los gobiernos parroquiales y provinciales están impulsando la masificación de este cultivo con visiones de abrir mercados nacionales como internacionales (GAD parroquial de Tarqui, 2012).

La actividad pecuaria dentro del territorio se localiza especialmente en el sector medio de la cuenca. Existió un crecimiento de esta actividad en las décadas de los 90 y 2000, y con ello el aumento de las áreas dedicadas al pasto. Esta actividad tiene carácter extensivo, para la producción de carne especialmente, por ese motivo se observan varias áreas de pasto vacías y algunas donde la actividad ha cesado, ocasionada por el manejo poco tecnificado y tradicional del cultivo, los bajos precios de comercialización de los productos en el mercado, la falta de capacitación al recurso humano y la no disponibilidad de recursos económicos para los pequeños y medianos productores (GAD Municipal de Pastaza, 2010).

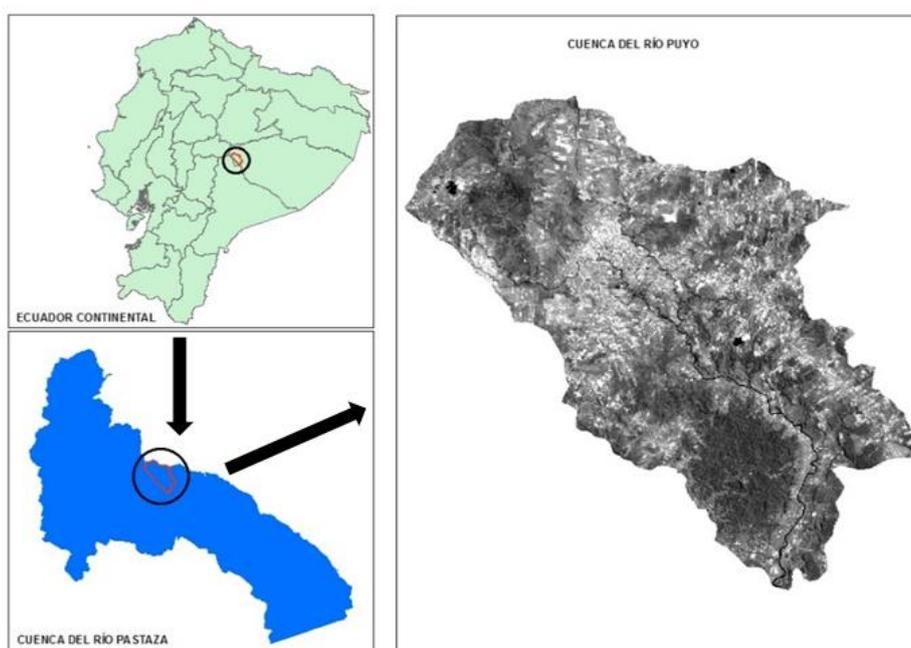


Fig. 1. Localización de la cuenca del río Puyo en Ecuador
Elaborado por: Los autores

1.2. Metodología

La metodología aplicada en el presente estudio, en un área poco estudiada y con muy poca información de base, ha sido tomada de López V. y Plata W., 2009, quienes establecen que el uso de la teledetección y los SIG ofrecen considerables ventajas para la generación, cuantificación y validación de imágenes satelitales, y que es posible definir e identificar entidades espaciales relevantes, cambios de usos de suelo, patrones de crecimiento y modelos de predicción a partir de su uso. De esta manera, la determinación de la cobertura y uso de suelo se basó en la utilización de imágenes Landsat, teniendo en cuenta su efectividad probada en este tipo de estudios y que la adquisición de las escenas georreferenciadas es gratuita a través de servidores de Internet.

En el periodo de los 14 años estudiados (2000-2013) las imágenes que muestran una mejor calidad (menor cobertura nubosa) corresponden a noviembre del 2000, julio del 2004 y septiembre del 2013. A partir de las facilidades que ofrecen los SIGs y en especial el ArcGIS 10.1 se generaron los mapas de cambio de cobertura y uso de la tierra de la cuenca del río Puyo para los años estudiados, así como sus respectivas matrices utilizadas para calcular las tasas de cambio.

Como forma de contrastar la información obtenida se realizaron varios recorridos de campo para la georreferenciación de áreas claves y se consultaron fotos áreas de mayor detalle en cuanto a resolución espacial.

2. Materiales y métodos

El presente estudio se dividió en las siguientes etapas:

1. Selección y Adquisición de Información

Esta etapa comprendió la revisión, análisis y evaluación de toda la información cartográfica de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Puyo, así como la adquisición de imágenes satelitales que presentan características idóneas para el uso de las herramientas de SIG's y de fotografía aérea del territorio.

- Cartografía Base de la provincia de Pastaza, a escala 1:50000
- Fotografía aérea 2012 del territorio
- Imágenes satelitales LANDSAT 5 (MSS, 4 bandas) y (TM, 7 bandas); (Nov 2000, Jul 2004 y Sep 2013)

2. Procesamiento

Esta etapa comprendió la utilización de las herramientas de los sistemas de información geográfica ArcGIS 10.1 (ArcMap) para determinar la cobertura y uso de suelo de las imágenes satelitales adquiridas. Mediante la aplicación de la Clasificación no supervisada para las imágenes de los años 2000 y 2004 se reconocieron los principales patrones (cobertura o uso) en la cuenca.

- Establecimiento de 5 patrones de clasificación en el territorio.
- Clasificación no supervisada de las imágenes noviembre del 2000 y julio del 2004.
- Clasificación supervisada de la imagen septiembre del 2013, validación en campo y utilización de fotografías aéreas.

3. Cartografía, interpretación y análisis

En esta etapa se diseñan y obtienen los mapas temáticos realizados en ArcGIS 10.1 (ArcMap) y se realiza su interpretación conjunta con la información derivada del análisis estadístico para determinar la tasa de cambio de la cobertura y uso de suelo desde el año 2000 hasta el año 2013.

2.2 Categorías de cobertura y uso de suelo

Del análisis a priori de las imágenes y del conocimiento del área de estudio para la determinación de las categorías de cobertura y uso de suelo fueron seleccionadas cinco categorías principales y a ellas asociadas una paleta de colores, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla I.- Categorías de clasificación de las imágenes Landsat

Color	Categorías
	Agropecuaria
	Bosques
	Suelos Desnudos
	Áreas Pobladas
	Cuerpos de Agua

Fuente: López V. y Plata W. (2009)

Elaborado por: Los autores

2.3 Tasa de cambio anual en la cobertura y uso de suelo

El cálculo de la tasa de cambio anual de la cobertura y uso de suelo se realizó mediante la aplicación de la fórmula propuesta por Puyravaud (2003), citado por Montenegro, et. al., 2005.

$$r = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \times \ln \frac{A_2}{A_1} \times (100)$$

Donde:

r: tasa de cambio anual de cobertura y uso de suelo

A₁: Superficie de las categorías de cobertura y uso de suelo al inicio del periodo.

A₂: Superficie de las categorías de cobertura y uso de suelo al final del periodo.

t₁: Año de inicio del periodo

t₂: Año de finalización del periodo

3. Resultados y discusión

Como resultado de la aplicación de la metodología propuesta sobre el material aeroespacial seleccionado de la cuenca del río Puyo, se obtuvieron tres mapas con las coberturas y uso de suelo para los años 2000, 2004 y 2013, los cuales representaron la base para el análisis de los cambios ocurridos en el territorio (Figura 2). De esta manera se pudo determinar la dinámica del cambio de cobertura y uso del suelo que ha ocurrido durante los últimos 13 años en la cuenca del río Puyo (Tabla 2 y Tabla 3)

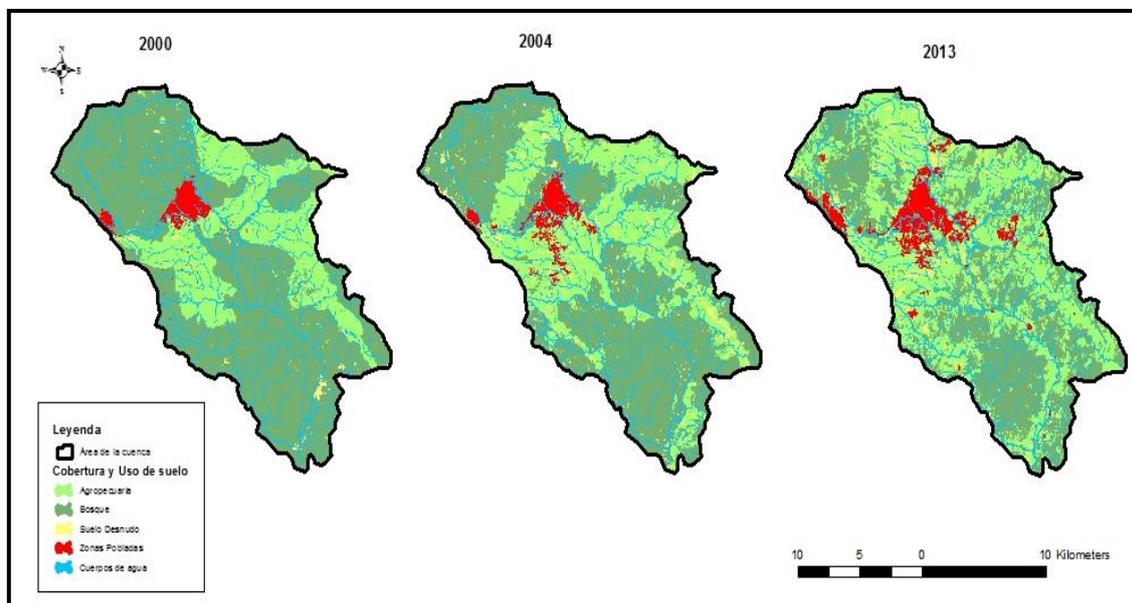


Fig. 2. Cambio de la cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Puyo
Elaborado por: Los Autores

Tabla II.- Superficie de la cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Puyo

	Categoría	2000 (km ²)	%	2004 (km ²)	%	2013 (km ²)	%	Cambio neto 2013/2000 (%)
1	Bosque	213,5	60,7	184,9	52,6	136,3	38,8	- 63,8
2	Agropecuaria	88,7	25,2	105,1	29,9	148,2	42,1	167,1
3	Áreas Pobladas	8,5	2,4	11,7	3,3	12,3	3,5	144,7
4	Suelo Desnudo	3,9	1,1	15,4	4,4	23,9	6,8	612,8
5	Cuerpos de Agua	37,2	10,6	34,6	9,8	31,1	8,8	- 83,6

Elaboración por: Los autores

Tabla III.- Tasa de cambio anual de la cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Puyo

	Categoría	Superficie km ² (2000)	Superficie km ² (2013)	Tasa de cambio anual (%) (2000 – 2013)
1	Bosque	213,5	136,3	- 3,5
2	Agropecuaria	88,7	148,2	3,9
3	Áreas Pobladas	8,5	12,3	2,8
4	Suelo Desnudo	3,9	23,8	13,9
5	Cuerpos de Agua	37,2	31,1	- 1,4

Elaboración por: Los autores

A continuación, se detallan las peculiaridades del cambio de cobertura o uso para cada una de las cinco categorías seccionadas

Áreas Agropecuarias.- Representa actualmente el área de mayor cobertura en la zona de estudio. A partir del año 2000 donde ocupaba 88,7 km² (25,2% del territorio) ha mantenido un crecimiento sostenido hasta el 2013 donde constituyen el 42,1% de la cuenca del río Puyo con 148,2 km² de superficie (ver Tabla 2). Si bien las zonas agropecuarias en el 2000 se localizaban fundamentalmente en el sector medio de la cuenca, en la actualidad también ocupan importantes áreas en el sector alto y bajo de la misma, constituida en su mayoría por pastos (gramalote) y cultivos agrícolas representados por caña de azúcar, papa china, naranjilla, plátano, yuca, como los más representativos.

Bosques.- El sector forestal constituye áreas de reservas de vida y de mantenimiento natural de los ecosistemas, así también de la prevención de fenómenos naturales. Lo que es preocupante en el presente estudio dado que a medida que han transcurrido los años la cobertura ha disminuido, además de poner en riesgo sectores que topográficamente requieren de su estado natural con el fin de prevenir la erosión, movimientos de masa y deslizamientos (ver figura 2).

En el año 2000 los bosques cubrían el 60,7% del territorio aproximadamente con 213,5 km², concentrándose especialmente al norte y sur de la cuenca del río Puyo, ya en el año 2004 la cobertura boscosa se reduce, cubriendo 52,6% del territorio (184,9 km²), aunque aún constituía la categoría con mayor cobertura dentro de la cuenca. Al año 2013 la cubierta boscosa ha disminuido en gran medida dado que únicamente cubre el 38,8% del territorio con 136,3 km² de superficie. La tasa anual de deforestación muestra un incremento de 3,5% durante el periodo estudiado (ver tabla 3).

Suelo Desnudo.- La superficie de áreas de suelo desnudo cubre el 6,8% del territorio (23,8 km²) al año 2013, áreas localizadas especialmente alrededor de las áreas pobladas. En numerosos sectores ha sido removida la capa vegetal y cambiado el uso del suelo, dedicándolos a conjuntos habitacionales, mientras en las áreas rurales es común que el cambio se ha producido relacionado con el incremento de la producción agrícola.

En el año 2000 estas áreas cubrían el 1,1% (3,9 km²), para el año 2004 la superficie aumentó a 4,4% (15,4 km²) y como se señaló anteriormente en el año 2013 la extensión de áreas de suelo desnudo corresponde al 6,8% (23,8 km²) del territorio (ver tabla 2). La mayor tasa de cambio durante el periodo 2000 – 2013 corresponde a los suelos desnudos que presentan 13,9% (ver tabla 3).

Áreas Pobladas.- El crecimiento demográfico en las provincias amazónicas indudablemente está generando cambios significativos en los territorios, en lo que respecta a uso y aprovechamiento del suelo y de los recursos naturales. Es así como las provincias de mayor crecimiento se localizan en la amazonia ecuatoriana; las capitales provinciales año tras año son centros de migración de las poblaciones rurales, exigiendo así el uso de suelo para viviendas y para el establecimiento de sistemas agroproductivos.

Las áreas pobladas durante el periodo estudiado muestra una tendencia de crecimiento significativo, siendo en las áreas urbanas en las cuales se muestra el mayor impacto (ciudades de Puyo y Shell). En el año 2000 las áreas pobladas cubrían un territorio de 8,5 km² que representaba el 2,4%, el año 2004 la superficie era de 11,7 km² con un 3,3% y para el año 2013 el área es de 12,3 km² que representa el 3,5% de la cuenca del río Puyo y una tasa anual de 2,8% (tabla 2).

Conclusiones

En el periodo de estudio la pérdida sostenida y creciente de la cobertura boscosa a expensa del crecimiento de las áreas dedicadas a las actividades agropecuarias en mayor por ciento y a la expansión de los asentamientos poblacionales (urbanos y rurales) en un segundo lugar, representa un fenómeno preocupante en el área de estudio, máxime aquella localizada en la cordillera Oriental, al norte del territorio, zona de captación del agua de abasto para la mayoría de los asentamientos poblacionales y poblaciones dispersas.

El incremento neto de las áreas de suelos desnudos de más de 60% en el periodo de estudio, consecuencia del proceso de deforestación y del uso de prácticas agrícolas no adecuadas, incrementa los procesos erosivos con la consiguiente pérdida de volúmenes de suelo y de su fertilidad, y con el incremento de sólidos en suspensión y arrastres en las diferentes corrientes fluviales.

El proceso de crecimiento demográfico induce un mayor aprovechamiento de los recursos naturales del territorio y el impulso de los proyectos agroproductivos por parte de las autoridades locales, lo que requiere un adecuado proceso de ordenamiento ambiental y territorial.

Referencias bibliográficas

- Almeida, P., Duriavich, M., Napolitano, R. & Feoli, E. 2009. Aplicación de técnicas SIG, Sensoramiento Remoto y Análisis Multicriterio para la Detección de Impactos Antropogénicos en la Cobertura de Suelos y su Proyección para el 2010. Caso de estudio: Estuario de Santos (Brasil). Revista Tecnológica ESPOL – RTE, (22), N.1, pp. 73-79.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pastaza, 2010. Síntesis del Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Pastaza. pp. 44-60.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Tarqui, 2012. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Tarqui. pp. 30-45.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2014. Población y Demografía. Disponible en: www.inec.gob.ec. Fecha de consulta: 05 de enero de 2013.
- López V. & Plata W. (2009). Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. Investigaciones Geográficas. Núm. 68, 2009, pp. 85-101.
- Ministerio del Ambiente, 2012. Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador. Disponible en: www.mae.gob.ec. Fecha de consulta: 20 de mayo de 2014
- Montenegro, C., Strada, M., Bono, J., et al 2005. Estimación de la pérdida de superficie de bosque nativo y tasa de deforestación en el norte de argentina. Buenos Aires, UMSEF Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal, Dirección Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- Nájera, O., Bojórquez, J., Cifuentes, J. & Marceléño, S. 2010. Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, Nayarit. Revista Biociencias. Julio 2010. (1), Núm. 1 Año 1, pp 19 – 29.
- Sendra, J. B., & García, R. C. 2000. El uso de los sistemas de Información Geográfica en la planificación territorial. In Anales de Geografía de la Universidad complutense, (20), p. 49.
- Sucoshañay, D. & Gutiérrez J.E. 2014. Determinación de las potencialidades ambientales en las comunidades de la Amazonía como factor para impulsar el desarrollo local. Congreso Nacional de Geografía, Monterrey – México.
- Velázquez, A., Mas, J. F., Gallegos, J. R. D., et al. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta ecológica, (62), pp. 21-37.

Acerca de los autores:

Darwin Javier Sucoshañay Villalba: Graduado de Ingeniería Ambiental en la Universidad Estatal Amazónica en 2009. Actualmente cursando el doctorado en Ciencias Geográficas en la Universidad de La Habana – Cuba. Profesionalmente estuvo a cargo del Proyecto de Reproducción y Recuperación de la Fauna Amazónica en Ecuador, paralelamente ha ejercido como técnico ambiental en la realización de Fichas, Estudios de Impacto y Auditorías Ambientales para los gobiernos seccionales a nivel local como regional. Cuenta con 6 años de experiencia en la labor profesional. Además, ha participado en eventos científicos nacionales e internacionales con temas de su especialidad.

José Evelio Gutiérrez Hernández: Doctor en Ciencias Geográficas y Profesor Titular de la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana (UH). Treinta y ocho años en ejercicio de la profesión. Es autor o coautor de siete libros y ha publicado más de veinticinco artículos científicos en revistas nacionales e internacionales. Ha dictado diferentes cursos de posgrado y conferencias en Cuba, México, Brasil y Venezuela. Ha participado en más de veinte proyectos de investigación, en Cuba y en el exterior. Tutor de Tesis de Maestrías y Doctorados. Vicedecano de Investigaciones y Posgrado de la Facultad de Geografía de la UH.

Alberto E. García Rivero: Licenciado en Geografía por la Universidad de La Habana (1984) y doctorado en Ciencias Geofísicas por la Academia de Ciencias de Cuba (1995). Treinta años de experiencia en la investigación científica, los servicios de consultoría ambiental y la docencia en la Educación Superior. Profesor e Investigador Titular de la Facultad de Geografía de la Universidad de la Habana. Ha participado en más de ochenta eventos científicos nacionales e internacionales, impartido cursos y conferencias en universidades de Cuba, Nicaragua, Checoslovaquia, España, México, Chile, Jamaica y Perú y publicado más 30 artículos científicos en revista nacionales y extranjeras.