



III CONGRESO INTERNACIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL, FORESTAL Y ECOTURISMO

ISBN: 978-9942-759-02-3

Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Facultad de Ciencias Ambientales.
Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador.

Memoria Científica del III Congreso Internacional de Ingeniería, Ambiental, Forestal y Ecoturismo



Compiladores:

Mercedes Carranza Patiño.

Betty Gonzalo Osorio.

José Nieto Rodríguez.

Este libro fue revisado por pares académicos, especialistas en el área.

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquiera otro, sin la autorización previa por escrito al Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE) y la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

ISBN: 978-9942-759-02-3.

Edición con fines académicos no lucrativos.

Impreso y hecho en Ecuador.

Diseño y Tipografía: Lic. Pedro Naranjo Bajaña.

CIDE 
EDITORIAL
Cod. 9942-8632 

Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador.

Cdla. Martina Mz. 1 V. 4 - Guayaquil, Ecuador.

Tel.: 00593 4 2037524.

<http://www.cidecuador.com>

COMITÉ EDITORIAL

- Mg. Paulo Mantey Domínguez Caetano** Engenheiro Civil, Escola Politécnica, Universidade de São-Paulo (USP), 1988. Mestre em Engenharia Civil, USP, 1998. Fortbildungsprogramm Städtisch-Industrieller Umweltschutz, Technische Universität Berlin-Cdg, 1997. Mbas Administração para Engenheiros, Gestão Estratégica em Meio Ambiente, IMT, 1999, 2009. Doutor em Ciências, Faculdade de Saúde Pública, USP, 2016. Alcaldía São-Paulo; desde 1994: Departamento Planificación Ambiental.
- Dra. Janete Morán Ramírez** Química Farmacéutica Bióloga por la Universidad del Noreste de Tampico Tamaulipas (UNE) en México. Realizó estudios de Posgrado en Geociencias Aplicadas (Maestría y Doctorado) del 2009-2016, en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., (IPICYT) en México, se desarrolló en el área de Hidrogeoquímica. Cuenta con más de 15 artículos en revistas internacionales indizadas. Es autora de varios libros y coautora de 4 capítulos de libros. Ha participado en numerosos congresos nacionales e internacionales, participó en la organización de reuniones científicas de la Unión Geofísica Mexicana (UGM), también ha impartido cursos sobre hidrogeoquímica aplicada en universidades mexicanas y latinoamericanas.
- Dr. Oscar Rea** Filósofo y Educador popular boliviano. Licenciado en Filosofía, Master en Educación para el Desarrollo, Master en Ciencias Sociales, Doctor en Hombre y Pensamiento en la Historia. Director de Fundación Comunidad y Axió. Facilitador de acercamiento holístico al Cambio Climático e inspirador de procesos ecopedagógicos y de pedagogía de la Ternura Conferencista internacional en América Latina y Europa e investigador independiente de las crisis estructurales actuales, desarrolla conceptos como Ecosofía, Espiritualidad, Ética, Justicia, Oikonomía, Comunidades Cordialógicas, Minorías Éticas de Esperanza, entre otros. Ha publicado libros, ensayos y artículos sobre los conceptos citados.
- Mg. Izaúl Silvestre Parra Piérart** Magister Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética. Diseñador Industrial. Académico del Departamento de Arte y Tecnologías del Diseño. Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño. Universidad del Bío-Bío, Chile. Ha publicado diversos artículos relacionados con el Hábitat Sustentable y Diseño Industrial
- Msc. Liliana Corzo Ramírez** Bióloga de la Universidad Nacional de Colombia, especialista en sistemas de información geográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y Maestría en Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Javeriana. Experiencia en la ecología del paisaje, especialmente en la modelación y análisis espacial. Ha participado en diferentes proyectos de investigación y consultoría en temas como priorización de áreas, planificación de corredores para la conservación, portafolios ambientales, modelación de ecosistemas y cambio climático, en instituciones tanto públicas como privadas. También se ha desempeñado como docente y actualmente está vinculada a la Universidad Antonio Nariño de Colombia.

AUTORES

Adriana Posada Arrubla
Argenis Montilla Pacheco
Arturo Widberto Sánchez Asanza
Carlos Aníbal Cajas Bermeo
Carlos Arturo Granadillo Rosado
Carlos Muñoz Ponce
Daniel Esteban Prieto Salamanca
Danny Ibarra Vega
Gabriela Margarita Altamirano Méndez
Galo Ramiro Molina Vargas
Gerard Olivar
Hermindo Patricio Ibarra Munizaga
Hernán Estrada
Ida Álava Mieles
Ingrid Shirley Zurita Alfaro
Jaime Enrique Maza
Johana Muñoz
José Ricardo Olarte Riaño
Juan Alejandro Neira Rivera
Judit García González

Katthy López Escobar
Lidia Vlassova
Loreley Patricia Mejía González
Marcela Patricia González Robalino
María Lorena Cadme
Maricela de los Ángeles Pulloquina Neacato
Meredith Jiménez Cárdenas
Nancy Patricia Tierra
Napoleón López
Nelson Fabricio Jara Morán
Norma Carmen Carmona Banderas
Olga Arévalo Castro
Olga Rosero Vlasova
Pedro Rosero Tufiño
Roberto Carlos Herrera Anangonó
Sonia Leyva
Verónica Katherin Kang Barzola
Wilmer Galarza Mora
Yarledy Olarte Alzate

ÍNDICE

Prólogo.....8

Capítulo I

Gestión Ambiental

Inventario comentado de especies de aves del bosque seco tumbesino, caso de estudio: Bosque Protector Puyango, provincias de Loja y El Oro.....10

Nelson Fabricio Jara Morán

Carlos Aníbal Cajas Bermeo

Espectroscopia VIS-NIR aplicada para predicción del contenido de materia orgánica en los suelos bajo sistema de cultivo roza-y-quema.....16

Olga Rosero-Vlasova

Pedro Rosero Tufiño

Lidia Vlassova

Evaluación de Sostenibilidad en la Producción de Biocombustibles.....29

Danny Ibarra Vega

Gerard Olivar

Resultados pre-liminares de mediciones de emisión en monóxido y dióxido de carbono en la combustión de parafina, centro de la ciudad de Guayaquil-Ecuador.....36

Olga Arévalo Castro

Katthy López Escobar

Ida Álava Miele

Capítulo II

Utilización del Recurso Hídrico

Interacción ciudad - cuenca hidrográfica. Caso Bogotá, Colombia.....45

José Ricardo Olarte Riaño

Adriana Posada Arrubla

Caracterización de la calidad del agua del río Pove de la ciudad de Santo Domingo.....60

Judit García González

María Lorena Cadme

Sonia Leyva

Evaluación de los impactos al recurso agua derivados de la operación de una central termoeléctrica "Termogas Machala".....72

Wilmer Galarza Mora

Análisis de la problemática de corrosión en pozos abandonados del oriente ecuatoriano y su monitoreo.....83
Hermindo Patricio Ibarra Munizaga

Biosorción de Arsénico con Biomásas derivadas de las cáscaras de banano, arroz y coco en aguas excedentes de plantas de beneficio.....92
Jaime Enrique Maza
Arturo Widberto Sánchez Asanza
Norma Carmen Carmona Banderas

Capítulo III

Manejo y mantenimiento forestal

La producción forestal: una actividad con alto potencial en el Ecuador requiere un cambio de visión.....105
Napoleón López
Johana Cristina Muñoz Chamba

Evaluación multitemporal de la deforestación en Áreas Protegidas de la provincia de Esmeraldas, Ecuador.....113
Argenis Montilla Pacheco
Ingrid Shirley Zurita Alfaro

Capítulo IV

Ecoturismo

El turismo: una oportunidad de vida y desarrollo para los Guajiros.....126
Loreley Patricia Mejía González
Meredith Jiménez Cárdenas
Carlos Arturo Granadillo Rosado

Diseño de un modelo espacial prospectivo de ordenamiento territorial con estrategia de ecoturismo, para una subregión de Colombia.....138
Yarledy Olarte Alzate
Daniel Esteban Prieto Salamanca
José Ricardo Olarte Riaño

El turismo: una oportunidad para el desarrollo sostenible en el Ecuador.....150
Roberto Carlos Herrera Anangonó
Verónica Katherin Kang Barzola
Hernán Estrada

Elaboración de un Producto de Agroturismo para los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia, provincia de Los Ríos.....161
Carlos Muñoz Ponce

Rutas turísticas, una forma de poner en valor el territorio: Caso Isla Isabela, provincia de Galápagos.....175

Nancy Patricia Tierra
Gabriela Margarita Altamirano Méndez
Carlos Aníbal Cajas Bermeo
Marcela Patricia González Robalino

La gestión sostenible de los recursos turísticos en el diseño de una ruta de trekking en las áreas naturales protegidas de Cotopaxi, Ecuador.....188

Maricela De Los Ángeles Pulloquina Neacato
Galo Ramiro Molina Vargas
Juan Alejandro Neira Rivera

PRÓLOGO

Latinoamérica posee innumerables recursos naturales y culturales para su explotación, sin embargo, el aprovechamiento inadecuado de los mismos y el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente han resultado en la pérdida importante de la biodiversidad presente en la zona, para el año 2011 se estimó que la tasa anual de deforestación se encontraba alrededor de los 4 millones de hectáreas al año, colocando a la región como líder en la tabla de deforestación mundial.

A su vez dentro de sus fronteras se encuentran ilimitables recursos hídricos, cerca del 30% del agua global, no obstante, la distribución heterogénea de la misma y la cantidad de factores antropogénicos que las afectan comprometen el estado y acceso a estas fuentes de agua.

Por otra parte, América Latina no escapa de los embates del cambio climático, donde ya se indican reducciones en los rendimientos de la producción agrícola en general, y son estas mismas condiciones las que han ocasionado un aumento en la frecuencia de eventos como tifones, huracanes, tormentas eléctricas, aludes, inundaciones repentinas, sequías, olas de calor y olas de frío.

Dentro de los recursos naturales y culturales la región posee una proyección importante con respecto al turismo, el cual se ha convertido en la actividad de servicios más grande del mundo y está en continuo crecimiento. Pero a pesar de contar con un sinnúmero de lugares y actividades para desarrollar dentro de los predios latinoamericanos, la realidad es, que el desconocimiento por parte de los habitantes y la falta de inversión no han permitido lograr explotar adecuadamente y de manera sostenible esta área.

La importancia de trabajos como los documentados en esta compilación permiten optimizar y adecuar la forma en la que se utilizan los recursos expuestos anteriormente, la investigación como base y principio de todo trabajo da pie a la obtención de registros que permiten la toma acertada de decisiones, las cuales se traducen en el desarrollo sostenible de la región.

Rodolfo Trujillo

CAPÍTULO 1
GESTIÓN AMBIENTAL



Inventario comentado de especies de aves del bosque seco tumbesino, caso de estudio: Bosque Protector Puyango, provincias de Loja y El Oro

Nelson Fabricio Jara Morán

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

nfabricio@outlook.com

Carlos Aníbal Cajas Bermeo

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

ccajas@espoch.edu.ec

Resumen

Se realizó el inventario comentado de la avifauna presente en las áreas de uso público del Bosque Protector Puyango, el mismo que se encuentra localizado en las provincias de Loja y El Oro; mediante el uso de métodos aplicativos y empleando técnicas de investigación bibliográfica y de campo para el levantamiento de información. Se identificó 121 especies de aves, agrupadas en 37 familias y 18 órdenes; de estas el 30% son endémicas del bosque seco tumbesino (36 especies), y el 8% cumple algún criterio de amenaza de extinción de acuerdo con la UICN (10 especies); las mismas fueron registradas mediante los métodos estandarizados de puntos de conteo y transectos en línea, además, de acuerdo con los estudios ecológicos realizados se determinó que las áreas de uso turístico poseen una alta biodiversidad lo cual favorece a la aplicación de alternativas ecoturísticas basadas en la observación de aves, así como a la conservación del potencial aviturístico del área protegida.

Palabras claves: aves, inventario comentado, aviturismo, bosque seco, Bosque Protector Puyango.

Abstract

The commented inventory of the avifauna present in the public use areas of the Protective Forest Puyango was carried out, the same one that is located in the provinces of Loja and El Oro; Through the use of application methods and using bibliographic and field research techniques for the collection of information. 121 species of birds were identified, grouped into 37 families and 18 orders; Of these 30% are endemic to the Tumbesino dry forest (36 species), and 8% meet some threat of extinction according to IUCN (10 species); They were recorded using the standard methods of counting points and online transects. In addition, according to the ecological studies carried out, it was determined that the areas of tourist use have a high biodiversity, which favors the application of ecotourism alternatives based on the Birdwatching, as well as the conservation of the protected area's birdwatching potential.

Keywords: birds, commented inventory, birdwatching, dry forest, Protective Forest Puyango.

Introducción

Los inventarios ornitológicos constituyen valiosas fuentes de información para conocer el estado de conservación y dar seguimiento a las especies de aves o al sitio donde se investiga (Suárez y Mena, 1994). En tal sentido, autores como Sibley (2010), afirma que el enfoque moderno de identificación de aves se centra en una valoración holística, estudiando al ave por completo y considerando todo, desde la forma, los movimientos y el color, hasta la muda, el hábitat y la temporada; es decir que bajo este enfoque se necesita valorar y relacionar la figura principal de la apariencia y comportamiento del ave.

De acuerdo a la Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre (2004), los bosques protectores tienen como principales objetivos la conservación del agua, el suelo, la flora y fauna silvestre. En este sentido, la administración del Bosque Protector Puyango (BPP), vio la necesidad de aprovechar sus recursos naturales e incrementar las actividades ecoturísticas como una medida para mejorar la calidad de vida de los pobladores locales, así como una medida para la conservación de los recursos naturales que en ésta se encuentran; por ello se planteó un nuevo estudio que confirme la presencia o ausencia de las especies identificadas previamente en tres inventarios ornitológicos del área, las diferencias metodológicas existentes entre estos, ha dado como resultado inventarios inconclusos e inexactos, los mismos que no han logrado el cometido de generar una lista completa de la avifauna presente en el área.

El inventario ornitológico comentado del área se establece como una base de datos que facilitará el manejo y desarrollo de actividades ecoturísticas basadas en la observación de aves, para ello es necesario realizar muestreos *in situ* de la avifauna, a la vez que, evaluar las condiciones de las comunidades de aves identificadas.

Metodología

La investigación se realizó con un método aplicativo, usando técnicas de investigación bibliográfica y de campo, en sus niveles exploratorio, analítico y descriptivo. En primera instancia se realizó el reconocimiento de campo y la georreferenciación de los senderos habilitados para el aventurismo en el área de estudio; se empleó un equipo GPS Garmin eTrex 30x y el programa ArcGis 10.3. A continuación se validó los estudios realizados por Platt (1991), Luzuriaga (2014) y el Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN, 2015); para ello se realizó muestreos sistemáticos por senderos, tanto en verano como en invierno, por medio de dos métodos estandarizados: puntos de conteo y de transectos. Para el método por puntos de conteo se determinó dos puntos estratégicos de avistamiento por cada sendero, se tomó un tiempo estándar de 10 minutos en cada punto de observación. Así mismo, se trazó transectos lineales de 1 km de longitud y 20 metros a cada lado del sendero, los mismos que se recorrieron a una velocidad estandarizada promedio de 1 km/h. En ambos casos se realizó tres repeticiones diurnas y nocturnas en horarios de 6:00 a 10:00 de la mañana y de 16:00 a 19:00 horas en la noche.

Luego de obtener el inventario parcial del área estudiada se ordenó las especies identificadas por taxonomía según el Comité Ecuatoriano de Registros Ornitológicos (CERO, 2015), endemismo de acuerdo con Ridgely, Greenfield y Guerrero (1998), y amenaza de acuerdo con BirdLife Internacional (2016). Por último, se realizó la curva de acumulación de especies y los estudios de diversidad (alfa y beta), para ello, se calculó los índices de riqueza de Margalef, de dominancia de Simpson, de equidad de Pielou y el índice de similitud de Sorenson empleando el programa informático Primer 5.0 y Estimates.

Resultados

De acuerdo con la georreferenciación del área se logró determinar que la vegetación nativa en el Bosque protector Puyango se encuentra altamente intervenida, encontrándose únicamente remanentes de los ecosistemas bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BdTc01) y bosque siempre verde estacional pie montano del Catamayo-Alamor (BePn02) (MAE, 2012). Dentro de las áreas de uso turístico del Bosque Protector Puyango (BPP) se encuentran tres tipos de hábitats para los muestreos: quebradas arbustivas, vías de tercer orden dentro de la vegetación remanente y las riberas de los ríos y quebradas. Durante la estación de verano, la vegetación es mayormente caducifolia, mientras que, en invierno la vegetación es semi-caducifolia; pese a esta variación estacional se determinó un cambio poco significativo dentro de las comunidades de aves entre cada época.

El método de detección de especies más efectivo fue el de detección visual a través de transectos en línea, tanto para verano como para invierno. Durante 120 horas efectivas de muestreo dentro del área de uso turístico del Bosque Protector Puyango se registró 121 especies de aves, agrupadas en 37 familias y 18 órdenes (Figura 1.), siendo el orden de los Paseriformes el más abundante (18 familias), los restantes 17 órdenes cuentan con una familia cada uno, a excepción del orden de los apodiformes (apodidae y trochilidae), y coraciiformes (alcedinidae y momotilidae) con dos familias cada uno.

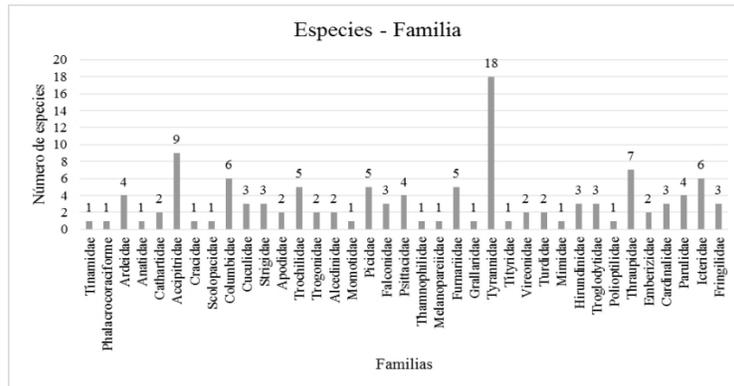


Figura 1

Gráfico del número de especies en función de las familias

Fuente: Autores

En comparación con los inventarios ornitológicos previos se logró identificar siete nuevos registros: Pato crestudo (*Sarkidiornis melanotos*), Vencejo cuelliblanco (*Streptoprocne zonaris*), Vencejo tijereta menor (*Panyptila cayennensis*), Carpintero carinegro (*Melanerpes pucherani*), Espatulilla común (*Todirostrum cinereum sclateri*), Saltón negrilistado (*Arremonops conirostris*) y Paloma Ventriocrácea (*Leptotila ochraceiventris*).

En cuanto a las especies endémicas, se registró un total de 37 especies endémicas compartidas, las mismas que representan el 30% del total de especies del área; éstas se convierten en especies de gran importancia para el BPP, tanto como referentes para la protección de las mismas como para atractivo de avituristas, las mismas se detallan a continuación: Tinamú Cejiblanco (*Crypterellus transfasciatus*), Gavilán Dorsigrís (*Pseudastur occidentalis*), Chachalaca Cabecirrufa (*Ortalis erythroptera*), Tortolita Ecuatoriana (*Columbina buckleyi*), Paloma Pálida (*Leptotila pallida*), Paloma ventriocrácea (*Leptotila ochraceiventris*), Mochuelo del Pacífico (*Glaucidium peruanum*), Amazilia Ventrirrufa (*Amazilia amazilia*), Ermitaño de Barón (*Phaethornis baroni*), Colibrí de Tumbes (*Leucippus baeri*), Picolete Ecuatoriano (*Picumnus sclateri*), Carpintero Dorsiescarlata (*Veniliornis callonotus*), Carpintero Guayaquileño (*Campephilus गयाquilensis*), Perico Cachetigrís (*Brotogeris pyrrhopterus*), Periquito del Pacífico (*Forpus coelestis*), Perico Caretirrojo (*Psittacara erythrogenys*), Batará Collarejo (*Thamnophilus bernardi*), Pecholuna Elegante (*Melanopareia elegans*), Hornero del Pacífico (*Furnarius leucopus*), Colaespina Collareja (*Synallaxis stictothorax*), Gralaria de Watkins (*Grallaria watkinsi*), Mosquerito Pechigrís (*Lathrotriccus griseipectus*), Elenita del Pacífico (*Myiopagis subplacens*), Mosquero Real del Pacífico (*Onychorhynchus occidentalis*), Mosquero De Baird (*Myiodynastes bairdi*), Tirano Goliníveo (*Tyrannus niveigularis*), Mirlo Dorsiplomizo (*Turdus reevei*), Mirlo Ecuatoriano (*Turdus maculirostris*), Golondrina de Tumbes (*Tachycineta stolzmanni*), Soterrey Ondeadado (*Campylorhynchus fasciatus*), Soterrey Pechijaspeado (*Pheugopedius sclateri*), Pinzón Pechicarmesí (*Rhodospingus cruentus*), Saltón Gorrinegro (*Arremon abeillei*), Reinita Grisidorada (*Myiothlypis fraseri*), Bolsero Fliblanco (*Icterus graceannae*), Negro Matorralero (*Dives warszewiczi*), Eufonia Coroninaranja (*Euphonia saturata*).

Respecto al nivel de amenaza, se registró 10 especies que según BirdLife Internacional (2016) se encuentran: en peligro (**EN**) el Gavilán dorsigrís (*Pseudastur occidentalis*) y Perico cachetigrís (*Brotogeris pyrrhopterus*), como Vulnerables (**VU**) están la Chachalaca cabecirrufa (*Ortalis erythroptera*), Paloma ventriocrácea (*Leptotila ochraceiventris*), Mosquerito pechigrís (*Lathrotriccus griseipectus*), Mosquero Real del Pacífico (*Onychorhynchus occidentalis*); por último, con categoría de Casi Amenazada (**NT**) están Tinamú cejiblanco (*Crypterellus transfasciatus*), Carpintero guayaquileño (*Campephilus गयाquilensis*), Perico caretirrojo (*Psittacara erythrogenys*), Gralaria de Watkins (*Grallaria watkinsi*).

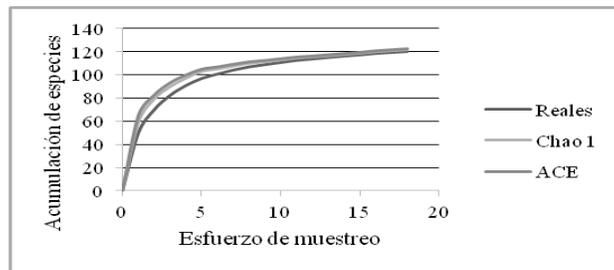


Figura 2

Curva de acumulación de especies

Fuente: Autores

Nota. Se indican el número de especies registradas (eje vertical) y el número de salidas de campo (eje horizontal).

La curva de acumulación de especies indica que varias especies no fueron detectadas y podrían registrarse en un futuro. De acuerdo con los estudios de biodiversidad y en cuanto a la estacionalidad, el índice de Margalef (riqueza específica) obtuvo un valor de 15,1 para el verano y 15 para el invierno; así se demuestra que en el Bosque Protector Puyango hay una alta diversidad de aves en las dos estaciones. Para determinar la dominancia de especies en el BPP, se usó el índice de Simpson (0,98) lo cual indica una alta dominancia de pocas especies. Por otro lado, los índices de equidad de Pielou (0,92) y de Shannon-Wiener (4,27) indican una alta diversidad de especies y que la mayoría de ellas presentan una abundancia relativa similar (raras) lo cual señala que estas se encuentran uniformemente distribuidas. Por último, entre estaciones se mantuvo un índice de similitud (Sorensen) de 0,92 lo cual indica una alta similitud estacional.

Discusión

El presente trabajo se ha consolidado en una lista que reporta 121 especies de aves del Bosque Protector Puyango. Al elaborar la lista, se debió afrontar el problema que refiere la delimitación de zonas de bosque continuo y poco alterado que se pudiera encontrar en el área, esto provocó sesgos en los muestreos debido al alto grado de intervención antrópica dentro del bosque. La importancia ecológica que poseen los bosques secos del sur-occidente del Ecuador reside en la presencia de su gran diversidad de flora y fauna con altos índices de endemismo; por ello, es necesario identificar y proteger los remanentes de bosque conservado, y de ser posible recuperar estas formaciones. Además, se debe considerar que cerca del 66% de las especies de aves del BPP son frugívoras-insectívoras, por lo que la conservación de la cobertura vegetal garantiza la presencia de estas especies en el área.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los estudios de biodiversidad se puede inferir que, a pesar de la riqueza específica del área, existe una gran cantidad de especies “raras” o poco abundantes en las áreas de uso público del BPP, lo que afectaría a las actividades relacionadas con la observación de aves; por el contrario, la alta similitud estacional en cuanto a las comunidades de aves aseguraría la identificación de estas tanto en verano

como en invierno.

El análisis del cambio de la composición de las especies de aves del Bosque Protector Puyango se realizó en base a las especies descritas por Platt que en 1991 elaboró una guía de las aves del bosque Puyango en la que registró 101 especies, de las cuales 20 de estas especies no se encuentran dentro de las áreas de distribución geográfica de Puyango (Ridgely, Greenfield, & Guerrero, 1998). De las 101 especies, únicamente el 61% coincide con el presente trabajo, de modo que la composición de especies de 1991 es muy distinta a la registrada en esta investigación (coeficiente de similitud de Sorensen de 0,56).

Entre la presente investigación y la realizada por Luzuriaga (2014) se registró un total de 87 especies similares dando un coeficiente de similitud de Sorensen de 0,77; el mismo se considera alto en comparación a los otros estudios llevados a cabo en el área, esto gracias a la similitud entre métodos empleados y esfuerzos de muestreo; los métodos de transectos en línea, puntos de conteo e identificación por medio del registro auditivo coinciden en los dos inventarios, pero cabe destacar que Luzuriaga empleó además el método de captura por medio de redes de neblina, con un esfuerzo total de muestreo de 165 horas/hombre; en los dos inventarios se consideró la estacionalidad (verano e invierno). Mientras que, con el conteo realizado por el Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (2015), se registra un coeficiente de similitud de Sorensen de tan solo el 0,63 ya que en total se registró 76 especies similares entre cada conteo; según la metodología descrita para dicho inventario, únicamente se realizó el conteo por transectos en línea, se desconoce la estación (verano-invierno) y el esfuerzo de muestreo.

Por último, estudios adicionales probablemente incrementarían la lista, seguramente agregando especies con una muy baja abundancia, pudiendo resultar en más de 130 especies (no solo las 121 actuales). El conocimiento de las comunidades de aves dentro del área protegida puede favorecer a la identificación del bosque como un sitio con potencial aviturismo.

Conclusiones

El potencial avifaunístico de la zona está representado por 121 especies de aves, agrupadas en 37 familias y 18 órdenes; de estas el 30% son endémicas del bosque seco tumbesino (36 especies), y el 8% están amenazadas (10 especies); además, de acuerdo con los estudios ecológicos realizados, se demuestra que en el BPP se pueden encontrar más especies de las registradas en la presente investigación; se determinó también que, las áreas de uso turístico poseen una alta biodiversidad pese a que el bosque tiene un alto grado de intervención antrópica, y que existe una alta similitud estacional entre las poblaciones de aves (91%).

Agradecimientos

Gracias al personal del Bosque Protector Puyango por la asistencia en el muestreo de campo, y a Juliana Cacay y José Villa por su ayuda en la identificación de las especies de aves a través del registro fotográfico. Este estudio fue apoyado por la E.S.PO.CH. Y el G.A.D.P.E.O., en el marco del proyecto “Programa de manejo del aviturismo como herramienta para el uso sostenible y conservación del Bosque Protector Puyango, provincias de Loja y El Oro.”.

Referencias

Aguirre, Z., Kvist, L., & Sánchez, O. (2006). *Bosques secos en Ecuador y su diversidad. Botánica Económica de los Andes Centrales*, pp.162-187.

Comité Ecuatoriano de Registros Ornitológicos. (2015). *Lista oficial de aves del Ecuador*. Quito: BirdLife International.

Ley Forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre. (2004). Quito: MAE.

Luzuriaga, V. (2014). *Diversidad de aves en el Bosque Protector Puyango*. Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales. Quito: USFQ.

MAE. (2011). *Bosques y vegetación protectores del Ecuador*. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Dirección Nacional Forestal, Quito. Recuperado de: <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/anny/Informaci%C3%B3n%20Bosques%20y%20Vegetaci%C3%B3n%20Protectores%20de%20Ecuador.pdf>.

MAE. (2011). *Bosques y Vegetación Protectores del Ecuador*. Quito, Ecuador.

MAE. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.

MCF. (2006). *Estrategia Nacional de Aviturismo*. Mindo Cloudforest Foundation - CORPEI. Quito: La Oficina. Recuperado de: Ecociencia: http://www.ecociencia.org/archivos/ecuador_estrategia_aviturismo-100226.pdf.

MCF. (2010). *Actualización de la Estrategia Nacional de Aviturismo*. Mindo Cloudforest Foundation - CORPEI, Quito.

MECN-INB-GADPEO. (2015). *Aves, anfibios y reptiles de la provincia de El Oro: Una guía para ecosistemas andino-costeros*. Quito: Imprenta Gráficarte.

Ridgely, R. S., Greenfield, P. J., & Guerrero, M. (1998). *Una lista anotada de las aves del Ecuador Continental*. Quito: Editorial Voluntad.

Ridgely, R., & Greenfield, P. (2006). *Aves del Ecuador*. Quito: Fundación Jocotoco.

Sibley, D. (2010). *Sibley's Birding Basics* (Primera ed.). (V. Thomas, Trad.) Lima: Innovación Gráfica.

Suárez, L., & Mena, P. (1994). *Manual de métodos para inventarios de vertebrados terrestres*. Quito: EcoCiencia.

Espectroscopia VIS-NIR aplicada para predicción del contenido de materia orgánica en los suelos bajo sistema de cultivo roza-y-quema

Olga Rosero Vlasova
Universidad de Zaragoza
oarosero@unizar.es

Pedro Rosero Tufiño
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
prosero@uteq.edu.ec

Lidia Vlassova
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
lvlassova@uteq.edu.ec

Resumen

El sistema de cultivo roza-y-quema tiene efectos negativos en la fertilidad del suelo a mediano-largo plazo, modificando sus propiedades físicas y químicas. Estos cambios implican cambios en propiedades espectrales, que pueden ser analizadas mediante espectro-radiometría de las regiones espectrales de visible e infrarrojo cercano (VIS-NIR). El estudio evalúa la viabilidad de aplicar espectro-radiometría para la predicción del contenido de materia orgánica (CMO) en suelos afectados por las quemadas agrícolas. Las 18 muestras de suelo fueron recolectadas en 2015 en dos áreas de cultivo de maíz (*Zea mays*) en Los Ríos (6 años de quemadas repetidas y una sola quema). El espectro-radiómetro ASD con rango espectral 350-2500nm fue utilizado en el laboratorio para obtener los espectros de las muestras previamente tamizadas y secadas al aire. Se detectaron las diferencias estadísticamente significativas entre curvas espectrales de las muestras de los dos grupos. La reflectividad de suelos repetidamente quemados fue 20% más alta para 65% de las muestras, siendo especialmente importante en VIS (>45%), probablemente debido al nivel más bajo de CMO. Los modelos de CMO obtenidos aplicando regresión de Mínimos Cuadrados Parciales (PLSR) mostraron alta capacidad predictiva ($R^2 > 0.8$). El estudio demuestra el gran potencial de espectro-radiometría para monitoreo de CMO en suelos bajo sistema roza-y-quema.

Palabras claves: espectro-radiometría VIS-NIR, materia orgánica, suelos, roza-y-quema, PLSR.

Abstract

Slash-and-burn agriculture have negative mid- and long-term effects on soil fertility, modifying its physical and chemical properties. These changes are accompanied with changes in spectral properties, which can be analysed using spectroradiometry in visible (VIS) and near-infrared (NIR) spectral regions. The study assesses the feasibility of applying spectroradiometry to predict organic matter content in soils (SOM) affected by agricultural burning. 18 soil samples were collected in 2015 in two areas of maize (*Zea mays*) cultivation in the province of Los Ríos (one with 6 burns and another with only one burn). ASD spectroradiometer (350-2500nm spectral range) was used in the laboratory to obtain spectra of sieved and air-dried samples. Statistically significant differences were detected between spectral curves of samples from two groups. The reflectivity of repeatedly burned soils was 20% higher for 65% of samples, being especially important in VIS (>45%), probably due to the lower SOM. PLSR models for SOM showed high predictive capacity ($R^2 > 0.8$). The study demonstrates high potential of spectroradiometry as a tool for monitoring status of soils in slash-and-burn

agriculture.

Keywords: VIS-NIR spectroradiometry, organic matter, soils, slash-and-burn, PLSR.

Introducción

En Ecuador el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente resulta en pérdida de biodiversidad, tasas anuales de deforestación de hasta 3.5%, y disminución de calidad y erosión de suelos (Saltos & Vasquez, 2009), creando dificultades en el camino a conseguir la seguridad alimentaria de la población, derecho estipulado en el Art. 14 de la Constitución. Con el constante crecimiento demográfico y demanda de alimentos, es necesario aumentar y estabilizar su producción aplicando los modelos agrícolas sostenibles (De la Rosa, 2008).

La técnica de roza-y-quema es un sistema de cultivo tradicional en la agricultura tropical no-mecanizada (Hauser & Norgrove, 2013). En el litoral ecuatoriano es un método ampliamente utilizado por los pequeños agricultores, especialmente para los cultivos de ciclo corto, e.g., arroz y maíz (SINAGAP, 2012). La siembra se realiza en el suelo preparado quemando los residuos secos de la cosecha anterior (u otro tipo de vegetación pre-existente) con el mínimo de labranza (Cerri et al., 2007; Thomaz, 2009). La quema elimina las malezas, reduce riesgo de parásitos y enfermedades, siendo, además, un método de limpieza simple y económico (Jordan, 1989; Kato, Kato, Denich, & Vlek, 1999). La primera cosecha suele ser abundante por el incremento poco duradero de la fertilidad de suelos con la incorporación de calcio, magnesio y potasio provenientes de las cenizas (Nye & Greenland, 1961).

Este tipo de agricultura fue desarrollado por los indígenas durante siglos con la sostenibilidad asegurada por los largos ciclos de rotación. Sin embargo, la presión demográfica lleva a los períodos cada vez más cortos entre las quemas (Lawrence, Radel, Tully, Schmook, & Schneider, 2010). El tiempo entre las quemas resulta insuficiente para la recuperación de los suelos, mermándose cada vez más su fertilidad. Se ha demostrado que las quemas de los restos orgánicos causan pérdidas significativas de los carbonos orgánicos y nutrientes por volatilización, así como procesos de erosión, escorrentía y lixiviación de suelos (Juo & Manu, 1996). Así, se pierde el delicado equilibrio entre los períodos de labranza y períodos de recuperación, característicos para los sistemas de roza-y-quema ancestrales.

A mediano y largo plazo las quemas regulares tienen efectos negativos en los suelos. Se modifican las propiedades físicas y químicas, tales como textura y estabilidad estructural (Thomaz, 2017), acelerando los procesos de erosión, disminuye el contenido de la materia orgánica y nutrientes disponibles (Certini, 2005). Las propiedades biológicas del suelo también son afectadas observándose la disminución de la biomasa microbiana, macro y microfauna (Neary et al., 1999). El resultado cumulativo de estos cambios es la reducción de la fertilidad (Bento-Gonçalves et al., 2012, Certini, 2005, Mataix-Solera et al., 2011). La cuantificación y análisis de evolución de los cambios en el tiempo pueden ayudar en introducir los cambios conducentes al manejo sustentable (Uriarte, Schneider, & Rudel, 2010). Sin embargo, hasta donde conocemos, en Ecuador no existen estudios que determinen los períodos de cultivo y los de recuperación que asegurarían el equilibrio buscado para cada cultivo y tipo de suelo específicos.

Los cambios en las propiedades físicas y químicas de suelos implican cambios en sus propiedades espectrales, que pueden ser analizadas mediante espectro-radiometría de las regiones espectrales de visible (VIS), infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR), que comprenden las longitudes de onda de 400-700nm, 700-1300nm y 1300-2500nm, respectivamente (Lugassi, Ben-Dor, & Eshel, 2014; Rosero-Vlasova, Pérez-Cabello,

Llovería, & Vlassova, 2016). La técnica fue con éxito aplicada para detectar las propiedades del suelo relevantes para agricultura (Demattê, Campos, Alves, Fiorio, & Nanni, 2004; Stevens et al., 2008), fijándose algunos de ellos en problemas de contaminación (Cheng, Shi, & Zhu, 2007), salinidad (Farifteh, Van der Meer, Van der Meijde, & Atzberger, 2008), contenido de materia orgánica (He, Huang, García, Hernández, & Song, 2007), y nutrientes (Kuang & Mouazen, 2013). Esa nueva técnica ofrece una alternativa a los tradicionales métodos de análisis de suelos, que requieren de considerable inversión de tiempo y recursos (Ben-Dor, Irons, & Epema, 1999). Comparado con los métodos tradicionales espectro-radiometría de las regiones espectrales VIS-NIR-SWIR es (1) no-destrucciona, (2) flexible: las mediciones pueden ser realizadas tanto en el campo, como en el laboratorio; (3) varias propiedades pueden ser estimadas a partir de un mismo espectro (Viscarra Rossel, Walvoort, McBratney, Janik, & Skjemstad, 2006).

En este contexto, el propósito del estudio es evaluar la viabilidad de aplicar espectro-radiometría en condiciones controladas para la predicción del contenido de materia orgánica en suelos afectados por las quemadas agrícolas. La hipótesis operativa de esta investigación consiste en que la espectroradiometría VIS-NIR-SWIR es la herramienta suficientemente confiable para el monitoreo de la fertilidad de los suelos cultivados bajo el sistema de roza-y-quema.

Metodología

Área de estudio

Los Ríos es la provincia con la mayor superficie ocupada por el cultivo de maíz (*Zea mays*) en el Ecuador (140.000 ha) siendo los cantones Ventanas y Mocache las áreas de mayor concentración. Se produce principalmente el maíz duro que se destina a la elaboración de balanceado que es esencial para la alimentación de pollos y cerdos. El maíz tiene una superficie cultivada de 21.042,82 hectáreas y se localiza en todo el cantón ocupando el 37,17% de la superficie del cantón. Se cultiva en parcelas pequeñas de extensión entre 1ha y 5 ha, muy pocas más de 5 ha. El sistema de cultivo generalmente utilizado para este cultivo por los pequeños agricultores es el de roza-y-quema por ser el que involucra mínimos requerimientos financieros y tecnológicos.

El estudio se realizó en el sitio Bella Sombra del cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador, en un área donde se cultiva maíz bajo el sistema roza-y-quema (Figura 1). La zona de topografía irregular cuyas elevaciones fluctúan entre 80msnm y 120msnm se caracteriza por un clima megatérmico húmedo (Pourrut, 1983) con la temperatura media anual de 24 °C y precipitación media anual de 1800-2000mm. Las estaciones secas (junio-diciembre) y la lluviosa (enero-mayo) están claramente diferenciadas. Según (Holdridge, 1987), la zona se clasifica como bosque tropical seco.

Muestreo de suelos

La Figura 2 presenta la vista general del área de estudio. Las 18 muestras de la capa superficial de suelo (0-2cm) fueron obtenidas en septiembre de 2015 en dos áreas dedicadas al cultivo de maíz bajo el sistema de roza-y-quema (área total de 5Ha): (1) área sometida a quemadas periódicas durante los 6 años anteriores; y (2) área recientemente incorporada al cultivo donde se realizó una quema al eliminar los árboles de cacao para sembrar maíz y la siguiente, más reciente, después de la primera cosecha. Las muestras fueron obtenidas al siguiente día después de la quema.

Cada muestra fue dividida en dos partes: una parte se utilizó para los análisis convencionales de contenido de materia orgánica en el suelo efectuada en el laboratorio de Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIAP, sede Quevedo; y la otra (~160g por muestra) se transportó al laboratorio de Espectroradiometría Ambiental de

la Universidad de Zaragoza para las mediciones espectrales.

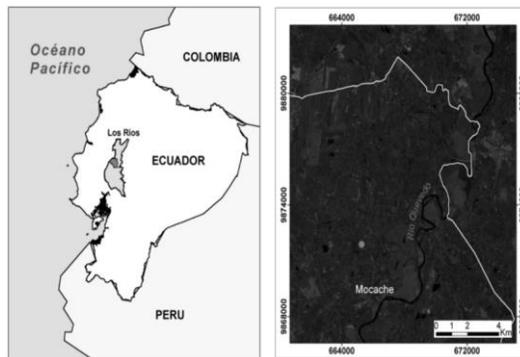


Figura 1

Localización del área de estudio: (A) Mapa de referencia. El polígono verde corresponde al Cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador; (B) Imagen de Landsat-8 (Composición de bandas 7-5-3, año 2014). Límite del cantón Mocache se muestra como línea blanca. Punto amarillo indica el lugar de muestreo.

Fuente: Autores

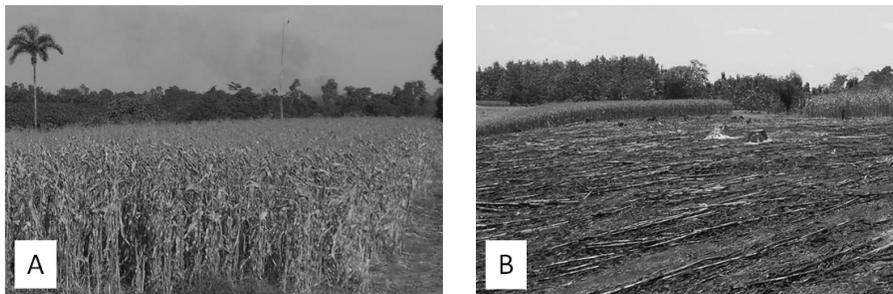


Figura 2

Vista general del área de estudio: (A) cultivo de maíz cosechado aún no quemado; (B) área después de la quema.

Fuente: Autores

Mediciones espectrales

Las mediciones espectrales se realizaron a las muestras recogidas en el campo que han sido anteriormente preparadas. El primer paso de la preparación fue separar la fracción fina (tamaño de partícula <2mm). Luego fueron colocadas en placas Petri de cristal (90 mm de diámetro) y presionadas para formar una capa de ~15mm de espesor. Posteriormente las muestras (~160g) de superficie homogénea fueron secadas en horno durante 24 horas a 105°.

Para obtener los espectros de suelos se utilizó un espectroradiómetro Analytical Spectral Device (ASD) FieldSpec®4, que está compuesto internamente por tres espectrómetros (detectores), cada uno dedicado al trabajo en un rango espectral específico. El instrumento registra la señal en el VIS-NIR (350-1000nm) y dos regiones en SWIR (1001-1800 nm y 1801-2500nm) con un intervalo de muestreo espectral de 1.4nm y 2nm, y una resolución espectral (Full Width at Half Maximum - FWHM) de 3nm y 10nm, respectivamente (ASDa, 2012). La señal recibida por el sensor es corregida por la señal eléctrica de base (corriente oscura) y re-muestreada a un intervalo de 1nm sobre toda la región de onda registrada por el software del dispositivo (Fyfe, 2004). Las medidas estimadas como factor de reflectancia son por lo general referidas simplemente como reflectancia. Este se define como la relación del flujo radiante reflejado por la superficie del objetivo con respecto a aquel reflejado

por una superficie estándar ideal bajo la misma geometría de observación (Shaepman-Strub, Schaepman, Painter, Dangel, Martonchik, 2006). Cuando las medidas son realizadas en condiciones de iluminación controladas, el espectroradiómetro registra un Factor de Reflectancia Bicónica (BCRF por sus siglas en inglés), ya que, en este caso, ambos, tanto la radiancia entrante como reflejada, pueden ser aproximadas a unos conos (Schaepman-Strub et al., 2006).

La superficie de referencia debe tener una reflectancia perfecta sobre todo el rango de longitud de onda y ser resistente a contaminantes del ambiente. El panel de referencia de Spectralon® calibrados hechos de politetrafluoroetileno (PTFE por sus siglas en inglés) proporcionado por el fabricante satisface todos los requerimientos y fue usado para convertir las medidas de radiancia en valores de reflectancia. Las mediciones fueron desarrolladas en un laboratorio oscuro bajo condiciones de iluminación controladas usando una configuración que incluyó el uso de la lámpara ASD IlluminatorLamp, accesorio de total compatibilidad con el espectroradiómetro, ya que está diseñado para trabajar sobre el mismo rango de longitud de onda que el equipo. La lámpara fue encendida previamente a las mediciones durante 15 minutos (ASDb, 2012).

Antes de empezar el escaneo de las muestras, el software ASD RS3 (ASDa, 2012) fue configurado para promediar 10 espectros por cada escaneo de muestra, 25 – blanco de referencia, y 10 – corriente oscura para reducir el ruido y mejorar la relación señal-al-ruido.

La *Figura 3* presenta una vista general de la configuración del experimento. Para una iluminación óptima de la muestra, se calculó previamente la geometría de observación, tomando en cuenta (i) la distancia entre la muestra y el sensor, (ii) la distancia entre la muestra y la fuente de iluminación, y (iii) el ángulo entre los dos. El cálculo del área detectada por el sensor se basó en la documentación del ASD IlluminatorLamp. Esto resultó en la siguiente configuración (*Figura 4*): (1) lámpara IlluminatorLamp (ángulo del haz de luz $\theta=12^\circ$) unida de manera vertical al trípode sobre la muestra de suelo ($H=42\text{cm}$) generando un lugar de iluminación sobre la superficie de la muestra de 8.82cm de diámetro (D); (2) pistol grip unido al otro trípode a una altura de $h=7.5\text{cm}$ (FOV Fibra_desnuda $\beta=25^\circ$, diámetro del sitio escaneado $d=6,99\text{cm}$) y un ángulo $\alpha=45^\circ$ con respecto al eje vertical. En esta configuración los sensores registran la señal del sitio que cubre el área dentro de la Petri, y el procedimiento de medición no involucra la manipulación de la muestra. El espectro de la muestra es un promedio de 50 mediciones radiométricas.



Figura 3

Vista general de la instrumentación utilizada en las mediciones espectrales. Las imágenes de la derecha muestran (de arriba abajo): la lámpara ASD Illuminator Lamp, panel de referencia, y Pistol grip usado para fijar la fibra óptica.

Fuente: Autores

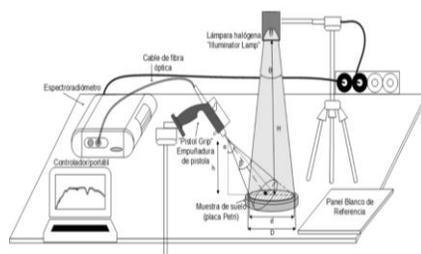


Figura 4

Diagrama de configuración y geometría de observación.

Fuente: Autores

Durante la sesión de trabajo, el cable de fibra óptica estaba regularmente dirigido al panel de referencia Spectralon con la misma geometría de observación. Debido a que las medidas fueron realizadas en el laboratorio bajo condiciones de iluminación controladas, no fue necesario realizar la calibración antes de cada escaneo de la muestra.

Análisis estadístico

El análisis de los espectros de reflectancia medidos se basó en longitudes de ondas con la mayor información de propiedades edáfica sugerida por Demattê y Terra (2014). La importancia de estas bandas para la detección de materia orgánica, minerales de arcilla, y óxidos de hierro y aluminio han sido ya publicados en investigaciones previas (Ben-Dor, Heller, Chudnovsky, 2008; Melendez-Pastor, Navarro-Pedreño, Gómez, Koch, 2008). Las bandas analizadas incluyen: 6 bandas en región espectral VIS (401nm, 440nm, 530nm, 550nm, 650nm, 700nm), 7 bandas en región espectral NIR (845nm, 850nm, 870nm, 901nm, 931nm, 951nm, 1051nm) and 8 bandas en región espectral SWIR (1302nm, 1401nm, 1903nm, 2201nm, 2263nm, 2300nm, 2352nm and 2430nm). No se aplicó ningún tipo de pre-procesamiento a los espectros originales, algo comúnmente utilizado para reducir la incertidumbre (Vasques, Grunwald, Sickman, 2008).

La significancia de las diferencias observadas entre los dos grupos de espectros de reflectancia, fue verificada por el análisis de varianza (one-way ANOVA). El análisis de varianza (one-way ANOVA) fue aplicado para probar la significancia de las diferencias observadas entre el grupo de espectros de reflectancia. Esta técnica usa la distribución F para averiguar si los promedios de dos o más grupos son diferentes. Se utiliza cuando variables continuas son usadas como predictores de una variable dependiente (por lo cual es llamada one-way ANOVA). La hipótesis nula dice que las muestras son tomadas de la misma población, esta es aceptada o rechazada basándose en el estadístico – F (la relación de la varianza calculada entre los promedios con respecto a la varianza dentro de la muestra). Para que el estadístico sea confiable, deben cumplirse algunas condiciones: (1) los errores son independientes y siguen una distribución normal; (2) las muestras son independientes y extraídas de poblaciones con varianzas iguales.

Finalmente, se aplicó Regresión de Mínimos Cuadrados Parciales (PLSR por sus siglas en inglés) (Tenenhaus, 1998; Wold, Sjöström, Eriksson, 2001) con el algoritmo de selección de predictores implementado en el software XLStat (Addinsoft S.A., 2014) para la calibración y validación del modelo predictivo para materia orgánica, una de las propiedades más relevantes para la valoración de la fertilidad y capacidad productiva del suelo.

PLSR es ampliamente utilizado en Espectroscopía VIS-NIR-SWIR de suelo (e.g. (Kooistra et al., 2003; Viscarra-Rossel, Walvoort, McBratney, Janik y Skjemstad, 2006) por su capacidad de resolver el problema de

multicolinealidad en modelos con la gran cantidad de predictores (Wold et al., 2001).

El método combina las características del análisis de componentes principales y regresión lineal múltiple. Los predictores se usan para calcular un conjunto de los vectores ortogonales llamados las variables latentes que explican la mayor parte de varianza en la variable dependiente (Martens & Naes, 1989). El número de las variables latentes (componentes) y el modelo final se definen a través de la validación cruzada, durante la cual se computa una serie de modelos de regresión, cada vez dejando fuera una de las muestras; el modelo luego se aplica para predecir el valor para la muestra omitida (Duckworth, 1998).

Los modelos obtenidos por la regresión PLSR a veces sufren de ajuste excesivo, por cuanto pueden incluir los predictores relevantes sólo para el conjunto de datos usados para calibración (ruido), mostrando disminución del poder predictivo, al analizar los datos adquiridos independientemente del conjunto original (Christy & Kvalheim, 2007). Para evitar el sobreajuste, el presente estudio aplica el algoritmo de selección de predictores, que excluye del modelo las variables independientes menos importantes. En el proceso iterativo de validación cruzada en cada ciclo se elimina el predictor con el menor (valor absoluto) coeficiente estandarizado.

La bondad de ajuste del modelo fue evaluado usando el Coeficiente de Determinación (R^2) que es el cociente de las varianzas de valores estimados (predichos) y valores observados de la variable dependiente. R^2 se calcula según la siguiente formula:

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Dónde Y_i es el valor observado de CMO para la i -enésima muestra, \hat{Y}_i es el valor predicho de CMO para la i -enésima muestra, y \bar{Y} es el valor promedio para todas las muestras.

De acuerdo a Terra, Dematte y Viscarra-Rossel (2015), un valor de $R^2 > 0.75$ indica un modelo preciso para la predicción cuantitativa de propiedades del suelo, aquellos con valores para R^2 entre 0.50 and 0.75 revela un ajuste aceptable que puede ser mejorado y los modelos de calibración con R^2 menor de 0.50 son considerados poco fiables.

Resultados y Discusión

Análisis de laboratorio

La *Tabla 1* presenta los valores promedio de la textura y contenido de materia orgánica en las muestras estimadas por técnicas de laboratorio convencionales. Los resultados demuestran que en general, en el área de estudio, los suelos tienen alto contenido de materia orgánica (≥ 6 g 100 g⁻¹) y son franco-limosos con contenido de limo por encima de 50% y el de arena mayor de 30%.

Tabla 1

Textura y contenido de la materia orgánica de las muestras analizadas (valores promedios)

Grupo	Años bajo sistema Roza-y-Quema	Textura (%)			Materia orgánica (g 100 g ⁻¹)
		Arena	Limo	Arcilla	
Suelo 1	6	31,67	52,00	16,33	5,92
Suelo 2	1	39,33	51,67	9,00	7,00

Fuente: Autores

Análisis cualitativo de espectros de reflectancia

La *Figura 5* muestra las curvas espectrales de reflectancia para los dos grupos de suelos. Presentan la forma típica para los suelos sin rasgos de absorción claros en la región del visible (VIS) y el infrarrojo cercano (NIR), donde las curvas se diferencian principalmente por el nivel de intensidad de reflectancia y la tendencia de la pendiente. Sin embargo, en SWIR resaltan los rasgos de absorción asociados con el agua higroscópica y grupo O-H en las longitudes de ondas de 1400nm y 1900nm (Stoner & Baumgardner, 1981); y con minerales de arcillas en las longitudes de ondas de 2200nm (Viscarra-Rossel & Behrens, 2010).

Las diferencias en la pendiente de las curvas y el nivel de reflectancia evidentes en todo el rango espectral analizado, probablemente se deben a las diferencias en la composición de las muestras, e.i. su heterogeneidad (Ge et al., 2011), siendo uno de los aspectos de esta heterogeneidad la variación en el contenido de los compuestos orgánicos (Ben-Dor et al., 1999). Estos resultados son consistentes con los resultados obtenidos por otros investigadores. Por ejemplo, Dematte et al. (2004) ha demostrado los niveles de reflectancia más bajos a lo largo de todo el espectro, debido al contenido más alto de materia orgánica en los suelos de los suelos de Brasil que analizaron, mientras que Henderson et al. (1992) explicaron esta disminución, en la intensidad de reflectancia por el hecho de mayor absorción de la energía por la materia orgánica.

Se aprecia claramente la diferencia en los niveles de reflectancia entre las curvas espectrales correspondientes a los dos grupos de suelos analizados, demostrando los suelos de las áreas con más ciclos de cultivo bajo el sistema de roza-y-quema las reflectancias más altas, especialmente en el rango de las longitudes de onda de 800nm-1350nm.

Además, en el espectro de los suelos del Grupo 1 se observa concavidad de la curva espectral en el rango de longitudes de onda 440-850nm, según estudios previos (Dematte et al., 2016) característico a los suelos con el alto contenido de materia orgánica; el rasgo ausente en el espectro de los suelos de Grupo 2 que han experimentado mayor impacto de las quemas agrícolas.

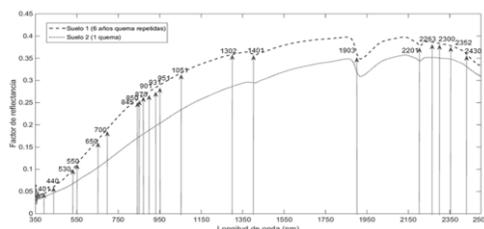


Figura 5

Curvas de reflectancia de los dos grupos de suelos analizados (espectro promedio en cada caso)

Fuente: Autores

Resultados de ANOVA

Se ha comprobado que los datos analizados cumplen las condiciones referentes a la normalidad de la distribución, igualdad de las varianzas e independencia de los datos muestreados, que garanticen la confiabilidad de los resultados del test.

Se detectaron las diferencias estadísticamente significativas entre las reflectancias en las bandas seleccionadas de los dos grupos ($p < 0.05$), siendo la reflectancia de suelos repetidamente quemados (Suelo 1) 20% más alta (promedio para todo el espectro) para 65% de las muestras. Las diferencias más importantes observadas en las regiones espectrales de VIS ($>45\%$) y NIR ($\sim 35\%$), probablemente se deben al contenido más bajo de materia orgánica en los suelos del primer grupo (*Tabla 1*).

Análisis usando PLSR

Los valores de contenido de materia orgánica (MO) y los datos de las respuestas espectrales en las longitudes de onda seleccionadas fueron usados para desarrollar los modelos predictivos utilizando el método de PLSR. El mejor poder predictivo fue demostrado por el modelo con 6-factores (componentes) y 19 predictores (*Figura 6*).

Las bandas de 650nm y 530nm fueron las que tienen coeficientes más altos, lo que significa que aportaron mayor información sobre MO para el modelo. Coincidiendo con los resultados de otros estudios, varias bandas de la región espectral de NIR y SWIR también mostraron altos coeficientes. El gran contenido informativo de reflectancias en estas longitudes de onda fue anteriormente comprobado por múltiples estudios (Knadel, Stenberg, Deng, Thomsen, & Greve, 2013; Dematté & da Silva Terra, 2014). Algunas de las bandas NIR-SWIR se asocian con la absorción por el agua (951nm y 1401nm) y presencia de las arcillas (2201nm y 2263nm). La importancia que tiene para el modelo la banda de 2201nm indica la probabilidad de alto contenido del mineral caolinita (Dematte et al., 2016).

El modelo también contiene los predictores con altos coeficientes (1903nm y 2201nm), que según los trabajos anteriores (Viscarra-Rossel & Behrens, 2010) se relacionan con el contenido de MO, que muestra los rasgos espectrales en esta región.

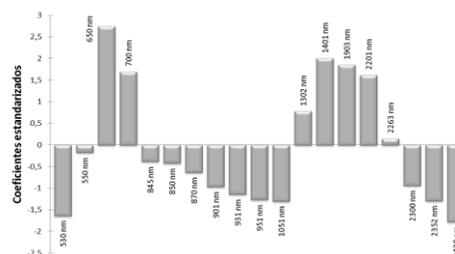


Figura 6

Gráfico de los coeficientes estandarizados de las variables predictoras

Fuente: Autores

El alto coeficiente de determinación del modelo de MO ($R^2=0.78$) obtenido aplicando regresión de mínimos cuadrados parciales (PLSR), es la evidencia de su gran poder predictivo y buen ajuste (*Figura 7*).

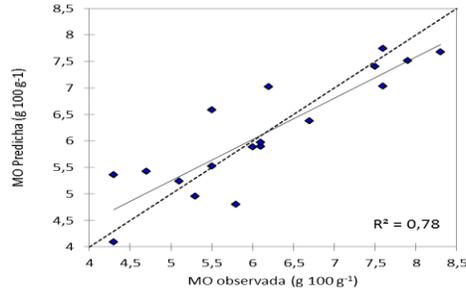


Figura 7

Gráfico de dispersión de la MO observada versus la MO predicha.

Fuente: Autores

Aunque se conoce que el contenido de materia orgánica es una de las propiedades que tiene una respuesta espectral directa y por eso puede modelarse con bastante éxito a partir de los datos de espectroscopia VIS-NIR-SWIR, el poder predictivo de los modelos estadísticos puede variar ampliamente dependiendo de los tipos de suelos y método estadístico empleado, comparándose los resultados obtenidos en este estudio con los mejores obtenidos por otros investigadores (Mouazen, Kuang, De Baerdemaeker, & Ramón, 2010; Udelhoven, Emmerling, & Jarmer, 2003).

Conclusiones

El estudio evaluó la capacidad de la espectroradiometría de suelos para detectar los cambios en los suelos utilizados en el sistema de cultivo de roza-y-quema. Se han detectado las diferencias estadísticamente significativas entre las curvas espectrales de suelos cultivados con este método durante los 6 años (grupo 1) y 1 año (grupo 2), asociándose los niveles de reflectancia más altos con los suelos del primer grupo. Las diferencias probablemente se explican por la disminución de la materia orgánica en los suelos que han soportado más ciclos de cultivo y mayor número de quemas agrícolas.

Los modelos de contenido de materia orgánica obtenidos aplicando regresión de mínimos cuadrados parciales (PLSR) presentaron el coeficiente de determinación superior a 0.75 demostrando alta precisión y capacidad predictiva. El estudio es una prueba del gran potencial de espectro-radiometría para monitoreo de cambios en los suelos cultivables con sistema roza-y-quema.

Agradecimientos

La realización de esta investigación ha sido posible gracias a la beca para realizar la investigación pre-doctoral concedida a Olga Rosero-Vlasova por SENESCYT-Ecuador.

Referencias

- ASDa. (2012). *Fieldspec Pro user's guide*. Boulder: ASD Inc.
- ASDb. (2012). *Illuminator™ user manual*. Boulder: ASD Inc.
- Addinsoft, X. (2014). *Data analysis and statistics with Microsoft Excel*. Paris, France.
- Ben-Dor, E., Irons, J. R., & Epema, G. F. (1999). Soil reflectance. In A. N. Rencz (Ed.), *Remote Sensing for the Earth Sciences* (Third ed.). New York: John Wiley & Sons. pp. 111-188.

- Ben-Dor, E., Heller, D., & Chudnovsky, A. (2008). A novel method of classifying soil profiles in the field using optical means. *Soil Science Society of America Journal*, 72(4), pp.1113-1123.
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Úbeda, X., & Martín, D. (2012). Fire and soils: key concepts and recent advances. *Geoderma*, 191, pp.3-13.
- Cerri, C. E. P., Sparovek, G., Bernoux, M., Easterling, W. E., Melillo, J. M., & Cerri, C. C. (2007). Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. *Scientia Agricola*, 64(1), pp. 83-99.
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143(1), pp.1-10.
- Comte, I., Davidson, R., Lucotte, M., de Carvalho, C. J. R., de Assis Oliveira, F., da Silva, B. P., & Rousseau, G. X. (2012). Physicochemical properties of soils in the Brazilian Amazon following fire-free land preparation and slash-and-burn practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 156, pp. 108-115. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2012.05.004>.
- Cheng, J.-l., Shi, Z., & Zhu, Y.-w. (2007). *Assessment and mapping of environmental quality in agricultural soils of Zhejiang Province, China*. *Journal of Environmental Sciences*, 19(1), pp.50-54.
- Christy, A. A., & Kvalheim, O. M. (2007). *Latent-variable analysis of multivariate data in infrared spectrometry*. Near-infrared spectroscopy in food science and technology, pp.145-162.
- Demattê, J. A. M., Campos, R. C., Alves, M. C., Fiorio, P. R., & Nanni, M. R. (2004). Visible–NIR reflectance: a new approach on soil evaluation. *Geoderma*, 121(1–2), pp.95-112. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.09.012>.
- Demattê, J. A. M., & da Silva Terra, F. (2014). Spectral pedology: A new perspective on evaluation of soils along pedogenetic alterations. *Geoderma*, pp.190-200. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.11.012>.
- Demattê, J. A., Ramírez-López, L., Rizzo, R., Nanni, M. R., Fiorio, P. R., Fongaro, C. T., da S Barros, P. P. (2016). Remote sensing from ground to space platforms associated with terrain attributes as a hybrid strategy on the development of a pedological map. *Remote Sensing*, 8(10), p. 826.
- Duckworth, J. H. (1998). *Quantitative analysis Applied spectroscopy: A compact reference for practitioners*, p.93.
- Farifteh, J., Van der Meer, F., Van der Meijde, M., & Atzberger, C. (2008). Spectral characteristics of salt-affected soils: A laboratory experiment. *Geoderma*, 145(3), pp.196-206.
- Fyfe, S. K. (2004). *Hyperspectral Studies of New South Wales seagrasses with particular emphasis on the detection of light stress in eelgrass Zostera capricorni*.
- Ge, Y., Thomasson, J. A., & Sui, R. (2011). Remote sensing of soil properties in precision agriculture: A review. *Frontiers of Earth Science*, 5(3), pp.229-238.

- Hauser, S., & Norgrove, L. (2013). Effects of slash-and-burn agriculture. In S. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (2 ed.). Waltham: Academic Press. pp. 551-562.
- He, Y., Huang, M., García, A., Hernández, A., & Song, H. (2007). Prediction of soil macronutrients content using near-infrared spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 58(2), pp.144-153.
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida: Agroamérica*.
- Jordan, C. F. (1989). An Amazonian rain forest: the structure and function of a nutrient stressed ecosystem and the impact of slash-and-burn agriculture: *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*.
- Kato, M. d. S. A., Kato, O. R., Denich, M., & Vlek, P. L. G. (1999). Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers. *Field crops research*, 62(2), pp.225-237.
- Knadel, M., Stenberg, B., Deng, F., Thomsen, A., & Greve, M. H. (2013). Comparing predictive abilities of three visible-near infrared spectrophotometers for soil organic carbon and clay determination. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 21(1), pp.67-80.
- Kooistra, L., Wanders, J., Epema, G. F., Leuven, R. S. E. W., Wehrens, R., & Buydens, L. M. C. (2003). The potential of field spectroscopy for the assessment of sediment properties in river floodplains. *Analytica Chimica Acta*, 484(2), pp.189-200. Recuperado de: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-2670\(03\)00331-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-2670(03)00331-3).
- Kuang, B., & Mouazen, A. M. (2013). *Effect of spiking strategy and ratio on calibration of on-line visible and near infrared soil sensor for measurement in European farms*. *Soil and Tillage Research*, 128, pp.125-136.
- Lawrence, D., Radel, C., Tully, K., Schmook, B., & Schneider, L. (2010). Untangling a decline in tropical forest resilience: constraints on the sustainability of shifting cultivation across the globe. *Biotropica*, 42(1), pp.21-30.
- Lugassi, R., Ben-Dor, E., & Eshel, G. (2014). Reflectance spectroscopy of soils post-heating—Assessing thermal alterations in soil minerals. *Geoderma*, 213(0), pp.268-279. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.014>.
- Martens, H., & Naes, T. (1989). *Assessment, validation and choice of calibration method*. *Multivariate calibration*, pp.237-266.
- Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A., & Zavala, L. (2011). Fire effects on soil aggregation: a review. *Earth-Science Reviews*, 109(1), pp.44-60.
- Melendez-Pastor, I., Navarro-Pedreño, J., Gómez, I., & Koch, M. (2008). Identifying optimal spectral bands to assess soil properties with VNIR radiometry in semi-arid soils. *Geoderma*, 147(3), pp.126-132.

- Neary, D. G., Klopatek, C. C., DeBano, L. F., & Ffolliott, P. F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, 122(1), pp.51-71.
- Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos*. Ministerio de Agricultura y Ganadería: Quito, Ecuador.
- Rosero-Vlasova, O. A., Pérez-Cabello, F., Llovería, R. M., & Vlasova, L. (2016). Assessment of laboratory VIS-NIR-SWIR setups with different spectroscopy accessories for characterisation of soils from wildfire burns. *Biosystems Engineering* 152, pp.51-67.
- Schaepman-Strub, G., Schaepman, M. E., Painter, T. H., Dangel, S., & Martonchik, J. V. (2006). Reflectance quantities in optical remote sensing—definitions and case studies. *Remote Sensing of Environment*, 103(1), pp.27-42. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2006.03.002>.
- SINAGAP. (2012). *Cantón Mocache. Sistemas productivos. Proyecto: generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000*. Quito: MAGAP, pp. 118.
- Stevens, A., van Wesemael, B., Bartholomeus, H., Rosillon, D., Tychon, B., & Ben-Dor, E. (2008). Laboratory, field and airborne spectroscopy for monitoring organic carbon content in agricultural soils. *Geoderma*, 144(1), pp. 395-404.
- Stoner, E. R., & Baumgardner, M. (1981). Characteristic variations in reflectance of surface soils. *Soil Science Society of America Journal*, 45(6), pp.1161-1165.
- Tenenhaus, M. (1998). *La régression PLS: théorie et pratique*: Editions Technip.
- Terra, F. S., Demattê, J. A., & Rossel, R. A. V. (2015). Spectral libraries for quantitative analyses of tropical Brazilian soils: Comparing vis–NIR and mid-IR reflectance data. *Geoderma*, 255, pp. 81-93.
- Thomaz, E. L. (2009). The influence of traditional steep land agricultural practices on runoff and soil loss. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 130(1), pp. 23-30.
- Thomaz, E. L. (2017). Fire changes the larger aggregate size classes in slash-and-burn agricultural systems. *Soil and Tillage Research*, 165, pp. 210-217. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.08.018>.
- Vasques, G. M., Grunwald, S., & Sickman, J. O. (2009). Modeling of soil organic carbon fractions using visible–near-infrared spectroscopy. *Soil Science Society of America Journal*, 73(1), pp.176-184.
- Viscarra Rossel, R., & Behrens, T. (2010). Using data mining to model and interpret soil diffuse reflectance spectra. *Geoderma*, 158(1), pp.46-54.
- Viscarra Rossel, R. A., Walvoort, D. J. J., McBratney, A. B., Janik, L. J., & Skjemstad, J. O. (2006). Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. *Geoderma*, 131(1–2), pp.59-75. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.03.007>.

Evaluación de sostenibilidad en la producción de biocombustibles

Danny Ibarra Vega

Universidad Sergio Arboleda
Universidad Nacional de Colombia.
danny.ibarra@usa.edu.co

Gerard Olivar

Universidad Nacional de Colombia
golivart@unal.edu.co

Resumen

El propósito de la evaluación de sostenibilidad es proveer a los tomadores de decisiones, de una evaluación de lo global a lo local, de sistemas socio-naturales integrados con perspectivas de corto y largo plazo, de esta forma se podría determinar o proponer acciones que aporten a la sostenibilidad de sistemas productivos como los Biocombustibles. Teniendo en cuenta la necesidad de herramientas dinámicas para una evaluación que aborde las preocupaciones mencionados anteriormente, el objetivo general de esta ponencia es evaluar la sostenibilidad de la producción donde se vincularon indicadores de sostenibilidad con un ejemplo de la producción de bioetanol en Colombia, esto realizado mediante el modelamiento con Dinámica de Sistemas y la integración ideas de cambio, necesidad y adaptación a restricciones de la Teoría de Viabilidad que permitan evaluar de manera prospectiva la sostenibilidad.

Palabras claves: Sostenibilidad, Biocombustibles, Indicadores, Modelamiento, Evaluación prospectiva.

Abstract

The purpose of sustainability assessment is to provide decision makers with an assessment of the global to the local of integrated socio-natural systems with short- and long-term perspectives, so that actions can be identified or proposed that contribute to the sustainability of production systems such as Biofuels. Taking into account the need for dynamic tools for an evaluation that addresses the concerns mentioned above, the general objective of this paper is to show a framework that allows stakeholders and stakeholders in the biofuel supply chain to assess the sustainability of The production where sustainability indicators were linked with an example of the production of bioethanol in Colombia, this was done by modeling with System Dynamics and the integration of ideas of change, necessity and adaptation to constraints of Viability Theory, obtaining a methodology that Sustainability.

Keywords: Sustainability, Biofuels, Indicators, Modeling, Prospective Assessment.

Introducción

Los biocombustibles son considerados como una opción para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, incrementar la diversidad de la canasta energética, fuente de creación de trabajo y desarrollo rural.¹ Sin embargo, hay algunas preocupaciones sobre los posibles impactos directos e indirectos con respecto al

¹ Documento adecuado de la Conferencia Internacional de Investigación Multidisciplinaria, organizada por la UIDE <http://www.ciim-uide.com/es/>

cambio climático, la seguridad alimentaria, afectaciones ambientales y el desarrollo económico que aún son discutidas en distintos contextos.

Los biocombustibles más conocidos a nivel mundial son el bioetanol y el biodiesel. El bioetanol es un tipo de biocombustible que puede ser utilizado de manera directa o como aditivo oxigenante de la gasolina. Este se obtiene a partir de materias primas ricas en azúcares fermentables como la caña de azúcar, el maíz y la remolacha azucarera.

En los últimos años la producción de bioetanol se ha incrementado a nivel mundial, debido a la implementación de medidas y políticas que incentivan su producción local (Scarlat y Dallemand, 2011).

En 2013 la producción global de etanol estuvo cerca de los 23.500 millones de galones, distribuidos en 13.300 millones de galones en EEUU, 6.267 millones de galones en Brasil, 1.371 millones de galones en Europa, 1.764 millones entre China, India y Canadá, y 727 millones de galones el resto del mundo (RFA, 2014).

En Colombia la producción de Bioetanol proviene de la caña de azúcar y la capacidad instalada de producción es de 1'250.000 litros/día (cue, 2012). A pesar de que el direccionamiento del gobierno nacional es seguir aumentando esta capacidad de producción, existe una incertidumbre sobre los verdaderos impactos ambientales, sociales y económicos que este incremento pudiera traer. Estos impactos generados en la producción de bioetanol, están asociados a distintas etapas de la cadena de suministro de bioetanol. Para la evaluación y monitoreo de estos impactos, la Asociación Mundial de Bioenergía (Global Bioenergy Partnership –GBEP, 2011) construyó un conjunto de indicadores que permiten a los países orientar una evaluación de la sostenibilidad en la producción de bioenergía que orienta una evaluación de la sostenibilidad en la producción de bioenergía.

En este artículo se realizó, la construcción de un modelo que representa la cadena de suministro de bioetanol de caña de azúcar en Colombia y la vinculación de algunos indicadores ambientales propuestos por la Asociación Mundial de Productores de Bioenergía (GBEP). Para esto se tuvo en cuenta las directrices de cómo medir estos indicadores en un mercado nacional. Esto se realizó bajo la Metodología de Dinámica de Sistemas la cual permita conocer el comportamiento prospectivo de éstos indicadores bajo distintos escenarios de producción.

Sostenibilidad

La producción sostenible de biocombustibles a partir de distintas materias primas ha tomado una mayor relevancia en el panorama del sector energético mundial, esto debido a que no existe un consenso sobre cuáles son las mejores estrategias y programas que deben ejecutarse para implementar, evaluar y monitorear el desarrollo sostenible en este sector. De esta forma, la Asociación Mundial de Bioenergía-GBEP ha desarrollado un conjunto de veinticuatro indicadores para la evaluación y monitoreo de la sostenibilidad de la bioenergía a niveles nacionales. Los indicadores GBEP pretenden informar a los responsables de formular políticas en los países, sobre los aspectos ambientales, sociales y económicos del sector de la bioenergía en sus países, así como guiarlos hacia políticas que fomenten el desarrollo sostenible.

Metodología

Debido a la naturaleza dinámica de las cadenas de suministro y la complejidad que presenta el proceso productivo de bioetanol a partir de caña de azúcar, la modelación se percibe como un instrumento natural e importante para el análisis y diseño de cadenas de suministro y gestión de la cadena (Tako y Robinson, 2012;

Verbraeck y Van Houten 2005). Dentro de las metodologías de modelamiento y simulación se encuentra la Dinámica de Sistemas, ésta es una metodología para el análisis y resolución de problemas, la cual facilita el acercamiento al aprendizaje de sistemas complejos a través de modelos formales y métodos de simulación (Ramírez, 2010). Así mismo, permite la vinculación de variables externas cuantificables, lo cual es idóneo para la sostenibilidad en cadena de suministro, ya que permite la inclusión de variables ambientales y sociales.

La Dinámica de Sistemas es una metodología para el análisis y resolución de problemas, desarrollada por Jay Forrester y presentada en sus obras (Forrester, 1999a; 1999b). En Dinámica de Sistemas, se concibe cualquier aspecto del mundo como la interacción causal entre atributos que lo describen. De esta forma, se construyen representaciones sistémicas con flechas y puntos, denominadas diagramas causales, que capturan todas las hipótesis propuestas por el modelador (Redondo 2013).

Para este trabajo se realizó un modelamiento de la cadena de suministro de bioetanol de caña de azúcar como se presenta en la siguiente figura.

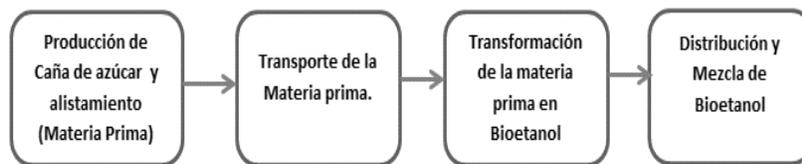


Figura 1

Cadena de Suministro de Bioetanol de Caña.

Fuente: Autores

Diagrama de Niveles y Flujos

Como trabajo preliminar se ha construido un modelo de cadena de suministro de bioetanol con la metodología de dinámica de sistemas, a este se la ha comenzado a asociar algunos indicadores que se pueden asociar etapas específicas de la cadena de suministro. A continuación, se presenta el diagrama de niveles y flujos construido (ver fig. 2).

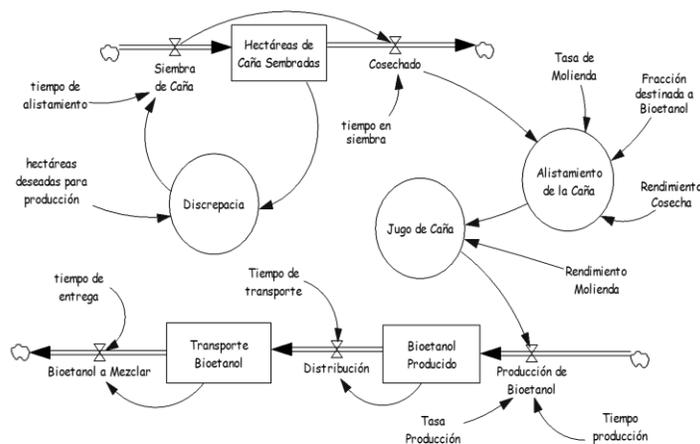


Figura 2

Diagrama de Niveles y Flujos de la Cadena de Suministro de Bioetanol

Fuente: Autores

Evaluación prospectiva

Esta evaluación requiere los siguientes elementos:

- Línea base, o estado inicial del sistema $x(0) \in \Omega \subseteq \mathbb{R}^n$
- Tiempo de evaluación $t_e \in \mathbb{R}^{n+}$. Es el tiempo cuando la evaluación de indicadores será realizada
- Escenarios tendenciales $A_i = \{x \in \Omega \subseteq \mathbb{R}^n \mid a_i \leq x_i \leq b_i, i=1, \dots, n\}$.

Los escenarios tendenciales particionan el espacio de estados, es decir $A_i \cap A_j = \emptyset$ y $\cup A_i = \Omega \subseteq \mathbb{R}^n$

Para futuros trabajos se plantean los siguientes escenarios:

1. Escenario deseado A_D
2. Escenario de alerta A_A
3. Escenario no deseado A_N

Diremos que el sistema tiene los valores deseados desde un tiempo de evaluación t_e , cuando $\forall t \geq t_e$ se cumple $x(t) \in A_D$

De esta forma, para evaluar:

$x(t_e) \in A_D$ Es decir el sistema cumple con los indicadores en el tiempo de evaluación t_e , pero es posible que desmejoren con el tiempo, como muestra la figura 3.

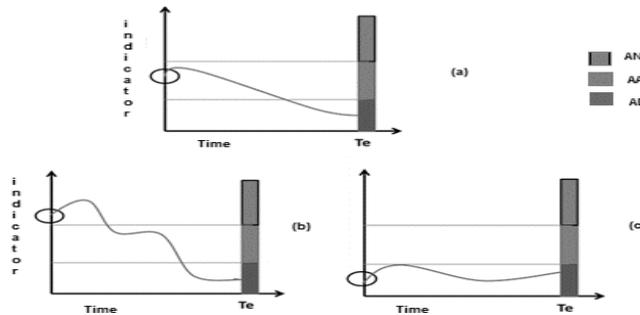


Figura 3

Evaluación prospectiva propuesta

Fuente: Autores

Resultados

Los indicadores ambientales

Para este modelo propuesto, se construyó una cadena de suministro con 3 eslabones iniciales, los cuales se escogieron con variables de nivel que acumulan y desacumulan materiales. Estas son, Hectáreas de caña sembradas, Bioetanol producido y transporte de bioetanol. De igual manera, se vincularon tres variables de nivel que son indicadores ambientales del GBEP, estos son Gases no Efecto Invernadero (Non GHG), requerimiento de agua y cantidad de nitrógeno. A partir del diagrama de niveles y flujos se logra establecer las ecuaciones de evolución temporal del modelo. Aunque aún no es claro cómo debería ser la forma de expresar cada uno de estos indicadores para el contexto colombiano, si se logró realizar algunas simulaciones con información teórica, como muestra la Fig. 4:

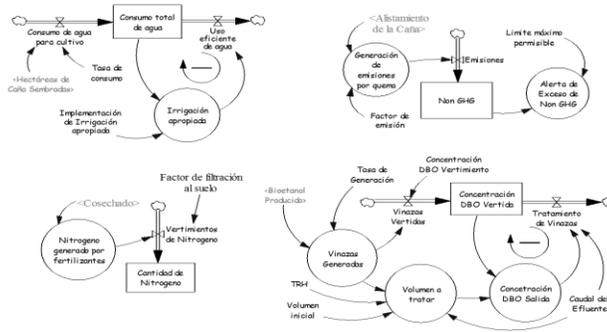


Figura 4

Diagrama de Niveles y flujos de los indicadores ambientales

Fuente: Autores

Simulaciones

Para las simulaciones del modelo se tuvo en cuenta la información de una planta de producción de bioetanol con una capacidad instalada de 100 mil litros/día. En las *figuras 5 y 6* se presentan las simulaciones de las variables de la cadena de suministro y de los indicadores ambientales seleccionados para este trabajo

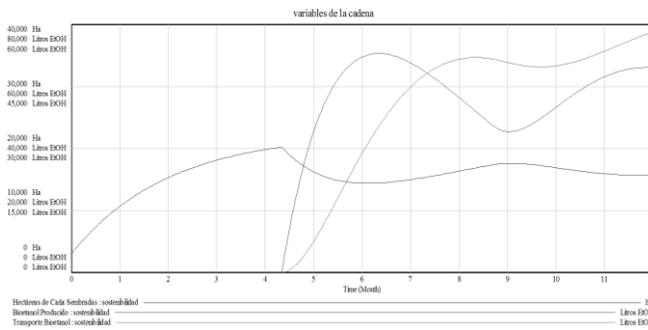


Figura 5

Simulación de las variables de la cadena de suministro.

Fuente: Autores

En la *figura 5* se observa el comportamiento de la cantidad de hectáreas de caña sembradas. Se incrementa por el objetivo de sembrar más hectáreas para la producción de bioetanol. Así mismo al incrementarse la cantidad de caña de azúcar, se incrementará la producción de bioetanol, dependiendo de la relación existente entre el rendimiento de la cosecha, la capacidad de molienda para la obtención de jugo fermentable y la tasa de producción.

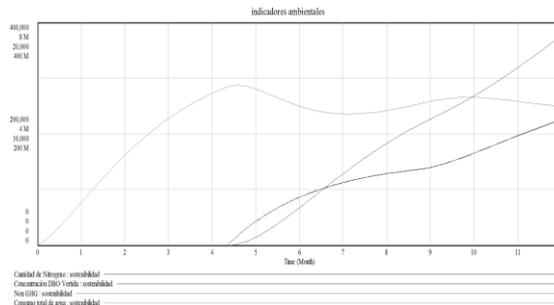


Figura 6

Simulación de los indicadores ambientales

Fuente: Autores

En la *figura 6* se observa la dinámica del comportamiento de los indicadores ambientales tomados en cuenta para este trabajo. Se observa el incremento del consumo de agua para cultivo, directamente relacionado con el incremento de hectáreas de caña sembradas. Las emisiones de gases no efecto invernadero (Non-GHG), asociados al alistamiento de la caña de azúcar para producción, es decir la quema de los cultivos para la obtención de materia prima lista para el proceso. Así mismo se observa el incremento de la cantidad de nitrógeno infiltrado al suelo por los fertilizantes del cultivo y el incremento de la DBO por los vertimientos de las vinazas, que son las aguas residuales generadas en la fermentación y destilación del mosto en el proceso de producción de bioetanol.

Conclusiones

En este documento se estableció un modelo de cadena de suministro teórica, en el que se realizaron simulaciones con información tomada del sector real, a partir de esto se establecieron 4 indicadores ambientales establecidos por el GBEP para la producción de Bioenergía, esto permitió ver la relación existente entre ellos y la validez de estos indicadores para el sector de bioetanol en Colombia. De igual manera se estableció un marco de referencia para la evaluación de indicadores ambientales en la producción de biocombustibles que será utilizado en trabajos futuros.

Referencias

Consorcio CUE, 2012. Capitulo II: Estudio ACV- Impacto Ambiental. In: Consorcio CUE, *Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia*. Banco Interamericano de Desarrollo, Ministerio de Minas y Energía, Medellín.

Federación Nacional de Biocombustibles (2015). *Cifras informativas del sector Biocombustibles: Etanol Anhidro de Caña*. Federación Nacional de Biocombustibles.

Forrester, J. *Industrial Dynamics*. Pegasus Communications. 1999a. p. 482. Inc. Waltham. ISBN 978-1614275336.

Forrester, J. *Urban Dynamics*. Pegasus Communications. 1999b, p. 286. Inc. Waltham. ISBN 978-0262060264.

Ramírez, S. (2010). Modelización de una cadena de abastecimiento (supply chain) para el sector textil-confección en el entorno colombiano. *Tesis de Maestría, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*.

- Redondo, J.M. (2013). Modelado de Mercados de Electricidad. *Tesis Doctoral. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.*
- RFA (2014) Renewable Fuels Association. *World Fuel Ethanol Production*. Recuperado de: <http://ethanolrfa.org/pages/World-Fuel-Ethanol-Production>.
- Sánchez, O. (2008) Síntesis de Esquemas Tecnológicos Integrados Para la Producción Biotecnológica de Alcohol Carburante a Partir de Tres Materias Primas Colombianas. *Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Química Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.*
- Scarlat N., Dallemand J.F. (2011) Recent developments of biofuels/ bioenergy sustainability certification: a global overview. *Energy Policy*; 39(3), pp. 1630-46.
- Tako, A. y Robinson, S. (2012) The Application of Discrete Event Simulation and System Dynamics in the Logistics and Supply Chain Context. *Decision Support Systems, Vol. 52, No. 4*, pp. 802-815.
- Valencia, M., Cardona, C.A. (2014) The Colombian biofuel supply chains: *The assessment of current and promising scenarios based on environmental goals*. *Energy Policy* 67 232242.
- Verbraeck, A. y Van Houten, S. (2005) *Simulation to Gaming: An Object Oriented Supply Chain Training Library*. In *Proceedings of the Winter Simulation Conference*. pp. 2346-2354.

Resultados pre-liminares de mediciones en emisión de monóxido y dióxido de carbono en la combustión de parafina, centro de la ciudad de Guayaquil-Ecuador

Olga Arévalo Castro

Universidad de Guayaquil
Olga.arevaloc@ug.edu.ec

Katthy López Escobar

Universidad de Guayaquil
katthy.lopeze@ug.edu.ec

Ida Álava Mieles

Universidad de Guayaquil
Ida.alavam@ug.edu.ec

Resumen

Este estudio permite conocer las emanaciones de Monóxido de Carbono mediante la combustión de la parafina, material con que se fabrican las velas, que se encienden en las iglesias en el centro de la ciudad de Guayaquil. Los lugares muestreados son La Catedral, San Francisco, Sto. Domingo de Guzmán y San Agustín. Se determinó el peso en gramos de parafina consumida por cada sitio el día domingo, mediante entrevistas a los vendedores que están ubicados en las afueras de las Iglesias. Mediante cálculos estequiométricos se obtuvo las cantidades de la producción de monóxido y dióxido de carbono por cada lugar. Las reacciones químicas que se pueden producir son completas cuando el ambiente es totalmente cerrado e incompleto como es el caso de los ambientes de las Iglesias. El total de parafina consumida en la combustión permitió estimar que es de $363.000 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de CO superando al valor de emergencia establecido por el acuerdo ministerial N°50 del Ministerio del Ambiente del Ecuador. Se prevé continuar con mediciones de éste tipo en la ciudad de Guayaquil y seguir dando a conocer para que éstas prácticas culturales sean modificadas con el fin de reducir las contaminaciones al medio ambiente.

Palabras claves: Parafina, dióxido de carbono, contaminación, estequiometría, velas.

Abstract

This study allows to know how the monoxide emanations by the combustion of the paraffin, material with which the candles are made, that ignite in the Churches in the center of the city of Guayaquil. The places sampled are The Cathedral, San Francisco, Sto. Domingo de Guzmán and San Agustín. The weight in grams of paraffin consumed by each site was determined on Sunday, through interviews with salespeople located in the outskirts of the churches. By means of stoichiometric calculations the amounts of the production of monoxide and dioxide of carbon by each place were obtained. The chemical reactions that can be produced are complete when the environment is totally closed and incomplete as is the case of the environments of the Churches. The total of paraffin consumed in the combustion allowed to estimate that it is of $363.000 \times 10^3 \mu\text{g} / \text{m}^3$ of CO exceeding the value of emergency established by the ministerial agreement N ° 50 of the Ministry of the Environment of Ecuador. It is expected to continue with measurements of this type in the city of Guayaquil and continue to make known so that cultural practices are modified in order to reduce pollution to the environment.

Keywords: Paraffin, carbon dioxide, pollution, stoichiometry, candles.

Introducción

Actualmente se viene hablando constantemente de los altos índices de contaminación ambiental, y como disminuir estos, sin embargo, hay prácticas que generan contaminación y hacen que el ser humano inconscientemente provoque efectos negativos al medio ambiente, esto lleva a una degeneración en la salud. El estudio realizado por Massoudi y Hamidi (2009) indica que las velas de parafina pueden emitir carcinógenos, por lo tanto, se considera enormemente dañina sobre todo en áreas de escasa ventilación. Esto, debido a que la parafina se elabora a partir de procesos de destilación de petróleo, consiguiendo aceite pesado, pasando por técnicas de filtración o proceso centrifugado. Sin embargo, la Asociación Nacional de Velas de Estados Unidos de Norteamérica (National Candle Association) en un comunicado de Agosto del 2009 manifestaron no estar de acuerdo con los resultados de los autores mencionados. (<http://candles.org/wp-content/uploads/2014/05/Candles-May-Be-Carcinogenic-or-Release-Harmful-Pollut>). Así también una página del Municipio de Miraflores del Perú, da a conocer que quemar una vela de parafina completa emite aproximadamente 125,2g de dióxido de carbono durante un periodo aproximado de tres horas. La publicación indica que, si calculamos que solo vamos a encender las velas durante una hora, la cantidad de dióxido de carbono liberado se reduce a 41g aproximadamente. Disponible en: <http://blogs.miraflores.gob.pe/larco400/2012/03/hora-del-planeta-cuanto-contamina-encender-una-vela>.

Según Juarez et.all, 2009 indica que el monóxido de carbón con riesgos para la salud en aire limpio debe mantenerse en 0.1ppmv en contaminado 11ppm y tiempo de residencia aproximadamente 65 días.

A partir de conocer esta discusión se propuso realizar investigaciones en la cátedra de Química General de la Facultad de Ciencias Naturales en la Carrera de Ingeniería Ambiental, con el propósito de verificar las aseveraciones de la mencionada publicación, en nuestra ciudad. Para esto se seleccionaron un número determinado de Iglesias del centro del Puerto Principal del Ecuador.

La ciudad de Guayaquil como todas las ciudades con números altos de población, tiene puntos o zonas donde se produce emanaciones que contaminan el medio ambiente. Estos pueden ser monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre, entre otros. Para este estudio se reconoció que las Iglesias, en los días domingos, son los lugares donde se producen combustiones de parafina, comúnmente conocidas como velas, y por tanto son puntos que aportan con emanaciones de contaminantes. El trabajo pretende medir las emanaciones mediante ecuaciones estequiométricas obtenidas, a través de conocer los volúmenes de ventas de parafina en las Iglesias del centro de la ciudad. Los resultados son comparados con los permisibles de éste tipo de combustión y se pretende reconocer si existe alguna posible afectación al medio ambiente.

Con respecto a este tema es importante conocer que según el acuerdo ministerial N° 50 del Ministerio del Medio Ambiente, en la norma de calidad del aire, establece que las concentraciones por el lapso de 8 horas de exposición a los contaminantes del Monóxido de Carbono (CO) en el aire son: 15.000 ug/m³ en alerta, 30.000 ug/m³ en alarma y 40.000 ug/m³ en emergencia.

Con la problemática planteada, y el interés en conocer los resultados de las mediciones de los productos de carbono a continuación se procedió a distribuir los grupos de estudiantes en las áreas de estudio, para realizar los cálculos y la discusión, aportando con una interesante información que permitirá reconocer y calificar como positivo o negativo esta práctica que se desarrolla como parte de la cultura religiosa de la ciudad de Guayaquil.

Área de estudio

El estudio se desarrolla en el centro de la ciudad de Guayaquil, tomando como puntos principales las afueras de las Iglesias San Francisco, San Agustín, Santo de Domingo de Guzmán y La Catedral. Estos lugares, en cada día domingo, son extremadamente concurridos por feligreses católicos de la ciudad.

En estos días se consumen gran cantidad de velas hechas de cera conocida como parafina, es decir se produce una combustión que emite CO y CO₂ al medio ambiente. Estos espacios mantienen las puertas abiertas, pero a su vez están aglomerados de personas durante una hora en ese día, justo el momento en que las velas son quemadas emitiendo valores interesantes de gases al espacio poco ventilado. En esta publicación se da a conocer información preliminar de las cantidades de CO y CO₂ que se están emitiendo en estos lugares, y si estas están en los límites permisibles.

En la *Figura 1* se indica la ubicación de cada uno de los puntos investigados en el Centro de la ciudad de Guayaquil.

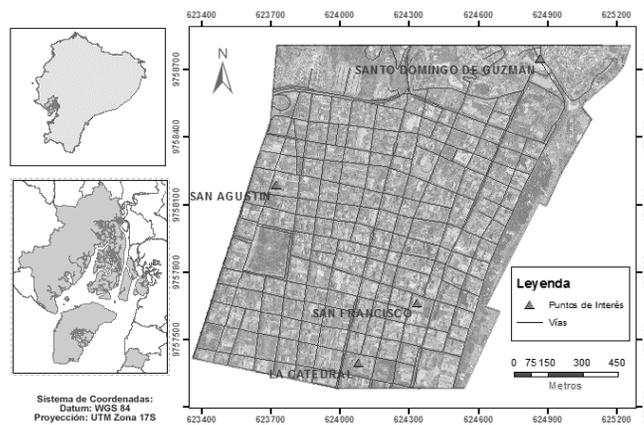


Figura 1

Ubicación de las Iglesias de este estudio en el centro de la ciudad de Guayaquil, Ecuador.

Fuente: Autores

Metodología

Este estudio se lo realizó in situ para conocer la cantidad de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Carbono (CO₂) que emite la parafina al medio ambiente en una combustión producida por la quema de velas en cuatro Iglesias del centro de la ciudad de Guayaquil. Para conocer el volumen total de parafina que se quema en un día domingo, en estos lugares, se procedió a realizar una entrevista con los vendedores ubicados en las afueras de las cuatro iglesias escogidas dentro de este estudio.

Existe solo un tipo de lumbres hechas con parafinas que se venden en las Iglesias, estas son las que no poseen ningún tipo de color y los vendedores ofrecen tres tamaños: grandes, medianas y pequeñas. En el laboratorio se procedió a pesar en la balanza de precisión la masa de cada una antes de la quema, los valores promedio se muestran en la *tabla 1*, con la finalidad de realizar los cálculos estequiométricos y obtener los datos de emanación emitido al medio ambiente.

Tabla 1

Pesos en gramos de velas que se venden para quemar en las Iglesias

Tamaño	Iglesia Catedral de Gquil (gr)	Iglesia San Fco. (gr)	Iglesia Sto. Domingo Guzman (gr)	Iglesia San Agustín (gr)	Promedio de pesos de velas
Pequeñas	11,19	11,12	11,1	11	11,1
Medianas	28,96	29,92	30,84	29,95	29,92
Grandes	59,45	59,1	57,12	58,52	58,55

Fuente: Autores

A partir de los valores promedio de los pesos de cada una de las velas vendidas y de haber conocido el volumen de las ventas que realizan en las afueras de las Iglesias, se procede a obtener el total de parafina que se consume en los cuatro puntos de estudio, ver el histograma de barras en la *figura 2*.

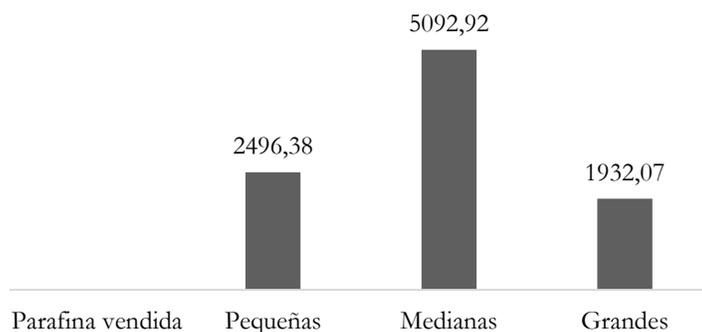


Figura 2

Histograma de velas en gramos, vendidas en todas las zonas de estudio

Fuente: Autores

Los datos obtenidos de la parafina en gramos que restan después de la quema son pesados en la balanza, ver histograma de la *figura 3*.

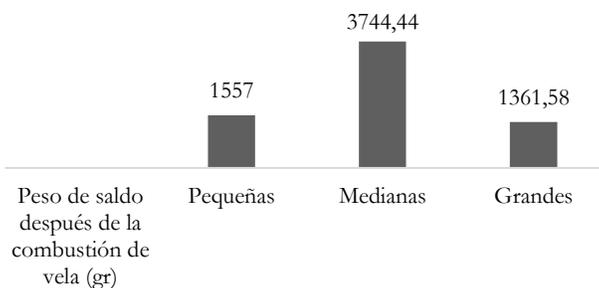


Figura 3

Histograma con totales de resto de la parafina después de la combustión.

Fuente: Autores

La diferencia entre los datos iniciales y finales, permite conocer la cantidad de parafina que se emite al medio

ambiente en forma de Monóxido de Carbono (CO) si la combustión es incompleta y Dióxido de Carbono (CO₂) si la combustión es completa (Chang, 2011).

La combustión que se produce de la parafina o cera está descrita en la fórmula (1) y se detalla la operación estequiometría en la ecuación (2).

$$\text{Masa de cera} + \text{Masa de oxígeno} = \text{Masa de monóxido de carbón} + \text{Masa de agua} + \text{Masa de cera sin}$$

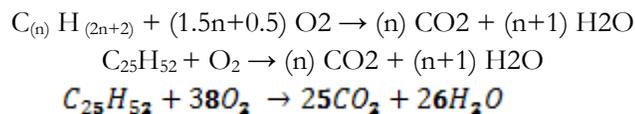
quemar (1)

$$\text{g C}_{25}\text{H}_{52} \times \frac{\text{mol C}_{25}\text{H}_{52}}{\frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{C}_{25}\text{H}_{52}} \times \frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol C}_{25}\text{H}_{52}} \times \frac{\text{masa g CO}_2}{\text{mol CO}_2} = \text{g CO}_2 \quad (2)$$

En éste trabajo se realizan cálculos para combustión completa e incompleta. A continuación, se da a conocer la diferencia entre éste tipo de combustiones.

Combustión Completa

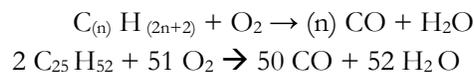
La combustión es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía en forma de calor y luz, manifestándose visualmente gracias al fuego, u otros.



$$352,66 \text{ g} + 1216 \text{ g} = 1100,24 \text{ g} + 468,42 \text{ g}$$

Combustión Incompleta

La combustión se considera incompleta cuando parte del combustible no reacciona en su totalidad porque el oxígeno no es suficiente.



Masa molar: C₂₅ H₅₂: 352 g/mol

Resultados

A partir de las encuestas realizadas a las personas que venden en las afueras de las cuatro Iglesias investigadas, se obtuvo los totales de velas vendidas y luego de las mediciones de la masa de cada una de ellas y de los saldos de parafinas después de la combustión se reconocen que se venden 430 velas. Las ventas de las velas incluyen los tamaños pequeños cuyo peso promedio entre las cuatro Iglesias es de 11,10 gramos, las de tamaño medianas tienen un peso promedio de 29,95 gramos y las velas grandes tiene un peso de 58.55 gramos cada una.

Luego de la combustión se obtiene la masa final de la cera y su peso, dando los siguientes valores: vela pequeña 6,92 gramos, vela mediana 21,77 gramos y vela grande 41,26 gramos. La diferencia de pesos entre la masa inicial

y la final, después de la combustión, para el total de los 3 tamaños es de 29,65 gramos. Ver Tabla 2.

Tabla 2

Tamaño de vela	Total de velas vendidas	Peso Promedio [P]g	Peso de solda después de la combustión de vela (unidad)g	Diferencia de pesos (después de combustión)	producción de CO ₂ (g)	producción de CO(g)	Producción CO ₂ por total de velas	Consumo de oxígeno g	Producción de Agua H ₂ O (g)	Producción CO por total de velas	Consumo de oxígeno (g)	Producción de Agua H ₂ O (g)
	(cantidad)	(unidad)g	(unidad)g	(después de combustión)	(g)	(g)						
Pequeña	225	11,10	6,92	4,18	36,73	21,05	8264,25	38,30	29,48	123,23	25,30	14,74
Mediana	172	29,95	21,77	8,18	92,29	59,49	15873,68	103,34	79,54	650,68	69,35	39,77
Grande	33	88,55	41,26	17,29	182,75	116,30	6030,75	202,02	155,50	2688,67	135,57	77,25
TOTAL	430	99,60	69,95	29,65	311,77	197,83	134061,10	343,66	264,53	7843,31	230,62	132,26

Fuente: Autores

Pesos de parafina de cada vela y resultados de la producción de CO (combustión incompleta).

Los valores obtenidos de la investigación son comparados con los que el acuerdo N° 50 exige, y para tal fin se transforma los pesos de gramos (g) a microgramos (µg) de la siguiente manera:

$$784331 \times 10^4 \mu\text{g CO} = 7.843,31 \text{ g CO} \times 10^{-6} \mu\text{g CO}$$

$$13.406110 \times 10^4 \mu\text{g CO}_2 = 134.061,10 \text{ g CO}_2 \times 10^{-6} \mu\text{g CO}_2$$

Discusión

En el presente estudio se pudo reconocer que la práctica de quemar velas en las iglesias del centro de la ciudad de Guayaquil aporta con derivados de la parafina al medio ambiente. Los cálculos mediante estequiometria son obtenidos para ambientes cerrados en los que se producen una combustión completa y para ambientes abiertos, a los que se reconoce una combustión incompleta. Del primero se obtiene Dióxido de Carbono (CO₂) y del segundo Monóxido de Carbono (CO), ambos son contaminantes y perjudiciales a la salud. Es importante mencionar que la combustión dentro de las Iglesias corresponde a la combustión incompleta, con la producción de CO y los valores que se obtengan y que se utilicen para comparar con los patrones deben ser únicamente los de este tipo de combustión. En cuanto a la combustión incompleta, se realizan los cálculos, pero se considera que en ningún momento las iglesias estudiadas mantienen este tipo de ambiente.

Autores como Spiegel et.all (2012), indica que en las gestiones atmosféricas margen de las consideraciones referentes a emisiones de fuentes estáticas o móviles, el control de la contaminación atmosféricas exige también tener en cuenta otros factores como topografía y la meteorología, la participación del gobierno y del municipio, etc. para ser integrados en un programa global. Al respecto se considera que el municipio de la ciudad empiece planificando la gestión de contaminación atmosférica mediante normativas que se deberían socializar en unidades educativas para posteriormente implementarlas en beneficio de la salud de la población.

Mediante todos los cálculos de los datos se obtuvo que la masa total de parafina que se transforma en Monóxido de Carbono mediante la combustión incompleta es de 7.843,31 gramos de CO. En el caso de que la combustión se diera en ambientes cerrados totalmente, con la misma masa de cera combustionada se obtendría 134.061,10 gramos de CO₂.

Con estos datos podemos definir que al quemar 1 gramo de parafina blanca similar al de las velas que venden en las afueras de las iglesias de Guayaquil, se está generando 0,72 gramos de CO; y si fuera el caso de producir una combustión similar en un ambiente cerrado se obtendría un total de 12,22 gramos de CO₂. Así también se reconoció que cada una de las velas, con sus respectivos tamaños, produce contaminantes al medio ambiente, como se indica en los gráficos de la *figura 4*.

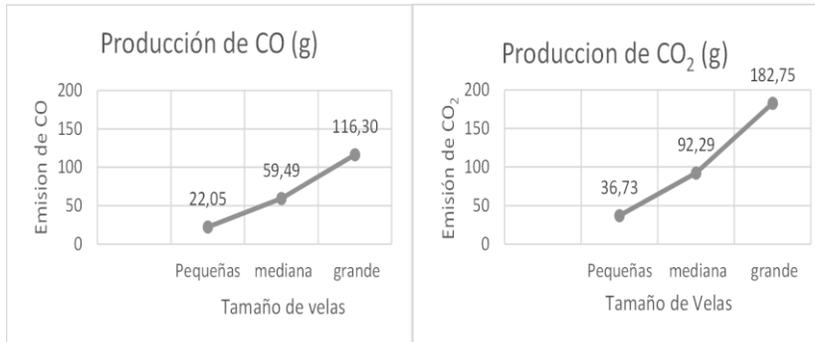


Figura 4

Valores de producción de Dióxido y Monóxido de Carbono de acuerdo al tamaño de velas

Fuente: Autores

Con los cálculos y valores obtenidos podemos reconocer que las exposiciones de las personas que van a la iglesia, los días domingo, durante 1 hora, en un espacio con poca ventilación y en un área de aproximadamente mide 360 m² y una altura de 15 metros, con un total de 196.082x 10⁴µg de CO, dónde éste último valor corresponde a la cuarta parte de la masa que se combustiono en uno de los espacios estudiados. Lo cual permite reconocer que la exposición, en uno de los lugares, de los asistentes será de 363.000x10³µg/m³ de CO, aproximadamente durante el intervalo de 1 hora. Este valor se compara con el acuerdo ministerial N° 50 del Ministerio del Medio Ambiente y se reconoce que están por encima del parámetro de emergencia que es de 40.000 µg/m³.

Los datos que se utilizaron para los cálculos fue recolectado por los estudiantes y las mediciones estequiometrias se realizaron en laboratorio, con experiencias de producir combustión de las velas y posteriormente tomar los pesos de las masas restantes de cada lumbre. Mediante esta información se anima a que se realicen estas prácticas en clases similares para lograr completar verificaciones de prácticas que están en nuestra cultura pero que están contaminando el medio ambiente.

Conclusiones

- La combustión de la cera con que se fabrican las velas que están a la venta en las afueras de las cuatro iglesias del centro de la Ciudad de Guayaquil, aportan con 7.843,31 gramos de CO al medio ambiente, en 1 hora del día domingo.
- Se obtiene el valor aproximado al que se exponen los asistentes en las iglesias del centro de Guayaquil, que es de 363.000x10³µg/m³ de CO en 1 hora, siendo un valor superior al permitido de monóxido de carbono según se reconoce en el acuerdo ministerial N° 50 del Ministerio del Ambiente.
- Se debe continuar con estudios similares en otros puntos de la ciudad para que se verifiquen los valores y así se dé a conocer que algunas prácticas de la cultura ecuatoriana deben ser modificadas por otras.

Agradecimientos

Esta investigación preliminar es parte de las actividades que realizan los estudiantes de la materia de química general de la carrera de ingeniería ambiental, a quienes agradecen el empeño y esfuerzo que pusieron para recolectar los datos en cada uno de los lugares. De manera especial a los estudiantes del primer y segundo semestre de la materia en el año lectivo 2016-2017. Agradecemos al profesor Master Vinicio Macas por el aporte que ha hecho a este trabajo con el dibujo de la ubicación del área de estudio.

Referencias

- Barbas, B., de la Torre, A., Chichón, P. S., Navarro, I., de Torres, B. A. R., & Martínez, M. Á. (2014). Fraccionamiento de contaminantes orgánicos persistentes en aire urbano de Madrid: fase gas y fase particulada. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), pp. 1-9.
- Chang, R. (2011). *Fundamentos de química*. McGraw Hill.
- Gustavo, G. (2016). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31, p. (3).
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2012) Control de la contaminación ambiental. *Enciclopedia de la OIT. Capítulo 55*, Ottawa, CA: D – INSHT. Recuperado de: <http://www.ebra ry.com>.
- Massoudi, R., & Hamidi, A. (2009, August). ENVR 86-Emission products of petroleum-based candles. *Abstracts of papers of the American Chemical Society (vol. 238)*. 1155 16th st. Washington, DC 20036. USA: Amer Chemical Soc.
- Ministerio del medio ambiente, *Plan Nacional de la calidad del aire*, 2010.
- Moreno, C., & Santiago, D. (2016). *La contaminación del aire por emisión de gases tóxicos vulnera el Derecho del Buen Vivir, en el Distrito Metropolitano de Quito Barrio Los Dos Puentes, durante el año 2014* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Toxicología ambiental. (2009). Aguascalientes, MX: Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de: <http://www.ebrary.com>.

CAPÍTULO 2

UTILIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO



Interacción ciudad - Cuenca Hidrográfica. Caso Bogotá, Colombia

José Ricardo Olarte Riaño

U.D.C.A.- Colombia
jricardoolarte@gmail.com

Adriana Posada Arrubla

U.D.C.A. - Colombia
adriaposada@yahoo.es

Resumen

De acuerdo al panorama ambiental actual, cada vez resulta más importante profundizar en temas de índole ambiental, entendiendo que el ambiente está en relación constante con las dinámicas sociales, estas se expresan con mayor claridad en unidades territoriales con alta ocupación, como las ciudades. Por lo anterior, el objetivo de este artículo fue resaltar la necesidad de analizar las interacciones de la ciudad, con su entorno natural, es decir la cuenca hidrográfica que la alberga, buscando establecer la funcionalidad o disfuncionalidad de sus relaciones. Para lo cual se aplicó la metodología en la ciudad capital de Colombia y su respectiva cuenca hidrográfica del río Bogotá, consultando información secundaria, realizando entrevistas semiestructuradas, e identificando relaciones de tipo presión-impacto entre estas dos unidades territoriales, con énfasis en los recursos naturales. Para el análisis, se incluyó una analogía desde la medicina que permitiera enfocar desde otro ángulo, las interacciones entre sistemas. Como resultado, se encontró que al abordar la cuenca hidrográfica se espera que los impactos sean mayores en el recurso agua, pero, desde la perspectiva de la comunidad y de los instrumentos de desarrollo territorial, es en el recurso suelo donde se generan la mayoría de presiones.

Palabras claves: sistemas, interacciones, interrelaciones, relaciones, ciudad, cuenca.

Abstract

In accordance with the current environmental panorama, every time it turns out to be more important to studying depth topics of environmental nature, understanding that the environment is in constant relation with the social. These dynamics are largely expressed in artificial territories, like the cities. For the previous thing, the target of these articles is to highlight the need to analyze the interactions of the city, with its natural environment i.e. the water catchment area that houses it, seeking to establish the functionality or dysfunctional relationships. For which there was applied the methodology in the capital city of Colombia and their respective River basin of the Bogotá River, consulting secondary information, realizing semi-structured interviews, and identifying relations of type pressure-impact between these two territorial units, with an emphasis on natural resources. For the analysis, an analogy was included from the medicine that was allowing focusing from another angle, the interaction between systems. As a result, one found that, on having tackled to hydrographic basin, one hopes that the impact should be major in the resource water, but, from the perspective of the community and of the instruments of territorial development, it is in the resource floor where most of pressures are generated.

Keywords: systems, interaction, interrelations, relations, city, basin.

Introducción

Para lograr una adecuada gestión de los recursos ambientales y un acercamiento al desarrollo territorial, se debe primero entender el contexto al que se someten estos recursos, ya que el ambiente no se encuentra separado de las dinámicas sociales, ni el desarrollo territorial puede ir en dirección opuesta a la sostenibilidad de los recursos naturales (en específico, para este caso, el agua, el suelo, el aire y la biodiversidad), por lo que resulta necesario, identificar la interacción que se crea entre diferentes sistemas o unidades territoriales, como lo son la unidad artificial urbe y la unidad natural cuenca hidrográfica. Analizar a la ciudad por sí sola como una unidad urbana no es el objetivo de este artículo, va más allá porque profundiza en la relación que se deriva de los intercambios entre la oferta de servicios ambientales de la cuenca hidrográfica y la demanda de los mismos por parte de la ciudad, lo que desencadena una serie de relaciones de tipo presión-impacto.

Al profundizar en la interacción entre la ciudad y la cuenca hidrográfica a la que pertenece, se plantea una forma novedosa de identificar la multiescalaridad y las intenciones de desarrollo multipropósito que existen en un mismo espacio geográfico, pero que se deriva en diferentes escalas espaciales o de análisis, para el cumplimiento de objetivos de desarrollo, asimismo, diferenciado. En realidad, el espacio territorial compartido por el territorio que ocupa la ciudad es también una parte de la cuenca hidrográfica, pero el efecto de separar tanto los diagnósticos, como las propuestas de desarrollo, impiden una visión integradora. Por tanto, se evoluciona en pasar de las unidades de estudio a la relación entre sistemas complejos.

Como estudio de caso se aborda a la ciudad de Bogotá, por ser la ciudad principal de Colombia y estar caracterizada por albergar la mayor población del país; también por ser la principal abastecedora de servicios comerciales y de salud; además de la concentración de servicios especializados como financieros, de educación superior y administrativos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2012); lo que genera diversas dinámicas y presiones en relación a la cuenca hidrográfica que la contiene, es decir, la cuenca hidrográfica del río Bogotá. Asimismo, se elige este caso de estudio porque representa un ejemplo de las ciudades capitales de Latinoamérica que ejercen una gran presión sobre la cuenca hidrográfica que las contiene, y además cumplen con las características mencionadas en el párrafo anterior. Por ejemplo, la Ciudad de México y la cuenca hidrográfica de México; Santiago de Chile y la cuenca hidrográfica del río Maipo; y San Francisco de Quito y la cuenca hidrográfica del río Esmeraldas, Ecuador.

Por lo cual, el objetivo de este artículo es resaltar la necesidad de analizar las interacciones de la ciudad, con la cuenca hidrográfica que la alberga, para establecer la funcionalidad o disfuncionalidad de sus relaciones, de manera que permitan proponer posteriormente, estrategias de desarrollo territorial, conducentes a una relación armónica ciudad-cuenca hidrográfica. Para presentar el desarrollo de este objetivo, se hace una breve introducción e importancia del problema; seguido de una metodología desarrollada en tres etapas graduales, que incluye la búsqueda de información secundaria de carácter científico, y la consulta a la comunidad que alberga la zona de estudio; luego se presentan los resultados con su debida discusión y finalmente, las conclusiones.

Introducción al problema

Desde el enfoque sistémico, los problemas son necesarios para que los sistemas mantengan su dinámica, pero las dinámicas urbanas van a una velocidad que supera la dinámica de resiliencia de la cuenca hidrográfica, razón por la cual, el problema pasa a ser de tipo interacciones que generan presiones e impactos y en consecuencia, el problema se torna en la ausencia de una cultura de relacionamiento, no solo entre las personas, sino, de visión para establecer, no solo causas y efectos, sino, posibles soluciones. De acuerdo con Ducci (s.f.), la ciudad es fundamentalmente un lugar de intercambios, principalmente de intercambios materiales, es el lugar favorable

para la distribución de los productos manufacturados e industriales, y para el consumo de bienes y servicios diversos. Es por excelencia el lugar de poder administrativo y es representativa del sistema económico, social y político.

Por otro lado, siguiendo el enfoque antropocéntrico que propone Marín (2015) acerca de la cuenca hidrográfica, se menciona al ser humano como principal beneficiario de esta, donde se subordina a la cuenca hidrográfica como una despesa de recursos naturales que es medida por medio de la oferta y demanda de bienes y servicios ambientales, cuya tensión es evaluada en términos económicos y asimismo ambientales, como la huella ecológica, requiriéndose de una adecuada gestión y administración de tales bienes y servicios. También indica que dichos bienes y servicios son fundamentales para el bienestar social y la calidad de vida de los grupos humanos asentados en este fragmento de territorio. En otras palabras, la cuenca hidrográfica es la fuente natural para el desarrollo humano.

Profundizando en lo mencionado por Ducci (s.f.) y Marín (2015), existe una completa interacción entre la ciudad y la cuenca hidrográfica, sin embargo, es la ciudad quien tiene más dependencia de la cuenca hidrográfica, ya que ésta le brinda diferentes beneficios, como: provisión de agua dulce, provisión de materia prima, regulación del aire, regulación de la escorrentía superficial, recarga de acuíferos, prevención y reducción de riesgos como inundaciones y deslizamientos, soporte de actividades, purificación del agua, valor estético al paisaje, recreación, identidad cultural, entre otros.

Ahora, un asunto es conocer los beneficios o servicios que la cuenca hidrográfica ofrece a la ciudad y usarlos racionalmente, y otra es, continuar con el pensamiento que los recursos naturales son inagotables. Por tal motivo, se debe profundizar en la relación existente entre la ciudad y la cuenca hidrográfica, para ajustar procesos en el marco del desarrollo territorial armónico de las ciudades con el ambiente, para este caso de la ciudad Bogotá.

La presión que ejerce la ciudad de Bogotá sobre la cuenca hidrográfica del río Bogotá, genera gran impacto, teniendo en cuenta que es Bogotá la ciudad capital de la nación, lo que implica como en la mayoría de casos, la mayor concentración de habitantes del país. El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2012), indica que el Distrito Capital de Bogotá es quien presenta la mayor densidad urbana del territorio colombiano, siendo esta de 16,47 hab. /km². Asimismo, señala que es la principal abastecedora de servicios comerciales y de salud; además de la concentración de servicios especializados como financieros, de educación superior y administrativos, lo que implica un flujo amplio de energía que transita en este sistema.

En consecuencia, la ciudad emita grandes presiones a sí misma y a su entorno, es decir, a la cuenca hidrográfica, tales como el consumo de recursos naturales, la disposición de desechos en el ambiente, el incremento de asentamientos en zonas de riesgo, las transformaciones al paisaje, el aumento de emisiones contaminantes, el deterioro de fauna y flora, entre otros, que evidentemente provocan alteraciones e impactos negativos sobre el ambiente. Por todo lo anterior, surge la necesidad de profundizar en las interacciones entre la ciudad de Bogotá y la cuenca hidrográfica del río Bogotá, desde un enfoque de sistemas, para así lograr un acercamiento al entendimiento de las relaciones entre estas dos unidades y aportar ideas para propender por el desarrollo armónico de centros urbanos teniendo como base y eje central al ambiente.

Importancia del problema

En cualquier ciudad del planeta, en los tiempos actuales y venideros, escudriñar sobre las posibilidades para su desarrollo sostenible, ya no es una elección, es una obligación. Podemos vivir de forma más amable entre nosotros los seres humanos y con nuestro ambiente y esto es posible, si consideramos que no hay un solo centro. El eje de nuestras acciones y decisiones va más allá de sí mismo, de los núcleos urbanos, es un asunto, de causa-efecto, que involucra el entorno y que, si no sabemos abordar, genera impactos que se devuelven en contra nuestra. Reflexionar más allá de una unidad o de un sistema, considerando que es parte de un todo mayor, hace parte de un acto cultural, hacia la aceptación de la responsabilidad en conjunto por el ambiente.

La mayoría de las personas, vivimos actualmente en centros urbanos, por lo tanto, la mayoría de la responsabilidad por un ambiente sano, está donde hay más demandas y donde se generan mayores presiones. Este es uno de los motivos para desarrollar este tipo de investigaciones, que buscan generar una visión más integral del espacio, ampliando así la perspectiva ambiental e incluyendo la visión sistémica para generar propuestas de desarrollo y de gestión ambiental. Citando a Carmona y Guzmán (2015), el concepto de ciudad-cuenca hidrográfica conlleva a un tipo de relación entre dos sistemas superpuestos, no obstante, tanto la ciudad como la cuenca hidrográfica son términos territoriales, aunque sean de diferentes jerarquías. La diferencia, por lo tanto, no está en el dualismo urbano-rural, sino en el sistema de organización social como la estructura política, social, económica y ecológica que se establece en la medida en que el ser humano, a través de la cultura, transforma su ecosistema.

En efecto, la ciudad-cuenca hidrográfica se comporta como un socio ecosistema, debido a que se encuentran interactuando componentes naturales y sociales, estos últimos dan como resultado lo artificial. Una expresión de lo artificial es la ciudad, la cual es emplazada sobre el espacio natural que en este caso es la cuenca hidrográfica; su emplazamiento generalmente es inducido por los servicios eco sistémico que la cuenca hidrográfica brinda. Y su delimitación se da teniendo en cuenta la unidad espacial de mayor jerarquía, es decir, la cuenca hidrográfica. El desequilibrio entre el medio natural y los ambientes muy artificializados, como las grandes ciudades, debe ser un tema de recurrente investigación a todo nivel, debido a que, en la actualidad, la presión por los recursos naturales es cada vez mayor y proviene en gran parte, de unidades con alta dinámica en tales demandas, como lo es la ciudad.

Por lo anterior surge la importancia de profundizar en las interacciones de estas dos unidades territoriales o sistemas, la ciudad y la cuenca hidrográfica, debido al contexto ambiental actual en el que los recursos ambientales se están viendo afectados cada vez más por las presiones que los centros urbanos emiten, también subyace la importancia de coadyuvar en los esfuerzos para lograr la gestión adecuada de los recursos ambientales, teniendo herramientas apropiadas al momento de proponer elementos enmarcados en el desarrollo territorial de las entidades territoriales y la conservación de los mismos recursos.

Metodología

Dado que en este artículo se presenta el resultado de un análisis sobre la interacción de dos unidades/sistemas, una de tipo natural (la cuenca hidrográfica) y otra artificial (la ciudad), en primera instancia, se requirió conocer datos sobre la forma gradual en que cada una de estas formas llegó a ser lo que es hoy. Posteriormente, se procedió a identificar las interacciones entre ambas unidades, y se generó un análisis desde la perspectiva de la ingeniería geográfica y ambiental. Lo que en síntesis requirió una metodología de 3 pasos, que será abordada a continuación, luego de mostrar el mapa de ubicación de las zonas estudiadas.



Figura 1

Localización cuenca hidrográfica del río Bogotá y ciudad de Bogotá

Fuente: Elaboración propia

Paso 1: Identificación de los principales rasgos de la ciudad de Bogotá

Se consideraron aspectos precedentes a la colonización, desde cuando el territorio fue habitado por aproximadamente medio millón de indígenas de la comunidad Muisca, que ocupaban una extensión de unos 25.000 km² (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015). En la época de la colonización, Gonzalo Jiménez de Quesada, fundó en 1538 a la ciudad de Bogotá (Colombia Aprende, 2015); eligiendo este lugar por su ubicación estratégica, pues se encuentra en el altiplano Cundiboyacense, específicamente en la región fisiográfica de la Sabana de Bogotá, rodeada al oriente por la Cordillera de los Andes, donde los cerros de Monserrate y Guadalupe la resguardan de los vientos, además que contaba con agua, leña, y tierras aptas para sembrar. Hacia 1954 la ciudad sigue creciendo y se anexan a Bogotá los municipios de Usme, Bosa, Fontibón, Engativá, Suba y Usaquén, creando así el Distrito Especial de Bogotá. Luego, en 1991 en la nueva constitución política (artículo 322) Bogotá pasa a ser el Distrito Capital del país, aumentando así su territorio. De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, en 1985 la población de Bogotá había incrementado a 4'100.000 y en 1993 aumentó casi a 6'000.000 habitantes.

Los aspectos ambientales son fundamentales para la identificación de los rasgos distintivos de la ciudad. A medida que la población de la ciudad va creciendo las demandas en los recursos naturales también. En el caso de la ciudad de Bogotá, para 1959, con una población cercana al millón y medio de habitantes, se comenzaron a utilizar las aguas del río Bogotá, mediante la construcción de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (Secretarías de Ambiente, Hábitat y Planeación, 2014). Posteriormente, a mediados de la década del 60, con una visión de ciudad a futuro que el Plan Maestro de Alcantarillado estimaba en 5'000.000 de habitantes para 1980, se proyectó la construcción de un sistema de abastecimiento desde la represa de Chingaza, que implicó el primer trasvase de aguas que vierten hacia una cuenca hidrográfica diferente, que pertenece a la cuenca hidrográfica del Orinoco y luego tuvo que ser complementado con la construcción de otro embalse que empezó a funcionar en 1997 con una capacidad máxima de 75 millones de metros cúbicos. En la actualidad, el sistema de abastecimiento de Bogotá está ligado al subsistema Chingaza, Tibitoc y Tunjuelo, ubicados al este, norte y sur de la ciudad respectivamente, y los cuales asocian 7 embalses.

Paso 2: Identificación de los principales rasgos de la cuenca hidrográfica del río Bogotá

Esta cuenca hidrográfica hace parte de la macrocuenca o área hidrográfica del Magdalena-Cauca, la cual contiene la mayor extensión de Los Andes colombianos, y ha sido el territorio más poblado y con mayores transformaciones de sus ecosistemas naturales en el país. Además, es foco de concentración poblacional y lugar

donde se genera la mayor actividad económica en Colombia (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia & Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, 2001).

Tal como lo indica Peña (1991), la cuenca hidrográfica del río Bogotá es la principal en el departamento de Cundinamarca, la cual desde su nacimiento en el páramo Guachaneque (Municipio de Villapinzón) hasta su desembocadura en el río Magdalena (Municipio de Girardot), drena un área de 585.000 hectáreas que se distribuyen en varios pisos térmicos; el curso del río recorre alrededor de 300 kilómetros, y atraviesa el departamento de Cundinamarca en sentido suroeste – noreste. Otra característica principal de esta cuenca hidrográfica es que posee unos de los mejores suelos a nivel nacional para las actividades agrícolas (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2015) al situarse sobre la Sabana de Bogotá, de hecho, ocupa el séptimo lugar de los mejores suelos para cultivos, de los 32 departamentos de la nación (IGAC, 2016).

Respecto a la formación de la cuenca hidrográfica del río Bogotá y teniendo en cuenta que gran proporción de ella se localiza sobre la Sabana de Bogotá, la Universidad de Los Andes (2000), citado por Jaimes (2011) dice que aquella Sabana estaba cubierta por agua, y las cuencas y sus cauces son el resultado de un proceso de miles de millones de años. En el período geológico Cretáceo, la Sabana de Bogotá estaba cubierta por el mar; luego los niveles del mar fueron disminuyendo hasta desaparecer, convirtiéndose en una planicie costera con pantanos; posteriormente, en el período geológico Cuaternario ocurrieron las glaciaciones que dieron forma al territorio actual. Hace 10 millones de años se levantó la cordillera y la Sabana quedó aislada de los Llanos y del Valle del Magdalena, no obstante, hace 3 millones de años ocurrió el levantamiento final y la Sabana alcanzó los 2600 m.s.n.m., la parte plana comenzó a hundirse y formó una cuenca hidrográfica que recibía las aguas del río Bogotá y sus afluentes, y formaron la Gran Laguna de la Sabana (o lago Humboldt). El desecamiento de la Gran Laguna se dio por el cambio climático a finales del Plioceno, que termina con las glaciaciones, la disminución de las lluvias y la salida del agua por el Salto del Tequendama en el municipio de San Antonio del Tequendama, por último, la laguna comenzó a secarse hasta desaparecer, convirtiéndose en la cuenca hidrográfica del río Bogotá de la actualidad.

Dentro de esta cuenca hidrográfica se encuentran total o parcialmente 46 municipios del departamento de Cundinamarca (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2006), incluyendo a la ciudad de Bogotá, la mayor centralidad urbana del país, la cual según la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (s.f.) mediante su expansión urbana ha generado una alta presión sobre las zonas sabaneras que aún mantienen el uso agropecuario, presión que se une al uso intensivo de actividades agroindustriales. Asimismo, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca indica que los principales usos que afectan directamente la calidad del río Bogotá son: agroindustrial, agropecuario, industrial, urbanización, explotación minera y producción de energía.

Paso 3: Identificación y análisis de las interacciones entre la ciudad de Bogotá y la cuenca hidrográfica del río Bogotá

No existe un método claro y conciso para lograr identificar las interacciones entre la ciudad y la cuenca hidrográfica, por lo tanto, los autores exploraron una manera de lograrlo, utilizando el acercamiento a otra disciplina: la medicina. Desde la medicina el enfoque que se utilizó fue específicamente las interacciones cardiopulmonares que se presentan en la caja torácica, con esta analogía se pretendió simular que la cuenca hidrográfica haría el papel de los pulmones, y por su parte, la ciudad el del corazón. Para Oulego y Naranjo (2011), el corazón y el pulmón forman una unidad anatomofuncional interconectada por una red de vasos que conforma la circulación pulmonar; las enfermedades de estos dos órganos están íntimamente relacionadas y se

influyen mutuamente. Asunto muy similar con la interacción ciudad-cuenca hidrográfica, que en la *figura 2* se muestra como analogía.

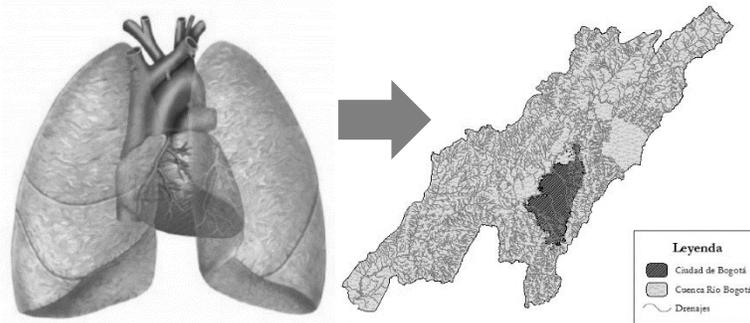


Figura 2

Analogía ciudad-cuenca hidrográfica desde el enfoque de la Medicina

Fuente: Elaboración propia

Luego, teniendo en cuenta los pasos 1 y 2, se encontraron puntos de partida que fueron útiles para la identificación de las interacciones entre estas dos unidades/sistemas. Puntos de partida en relación a la formación, tiempo de existencia, características básicas, importancia y funcionalidad tanto de la ciudad de Bogotá, como de la cuenca hidrográfica del río Bogotá. Al tiempo, se estableció la tipología de relación a utilizar, la cual corresponde a la relación presión-impacto, la cual se basa en que las actividades humanas ejercen de una manera directa e indirecta presiones sobre el ambiente, afectando su calidad y cantidad de recursos naturales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2002). Para este caso la ciudad emana una serie de presiones por sus dinámicas propias, que a la vez se convierten en impactos para la cuenca hidrográfica, ya sea a corto, mediano o largo plazo. Desde la perspectiva sistémica, la complejidad implícita en el funcionamiento jerárquico debe reconocer no solo variables que hacen parte de cada nivel jerárquico sino también las interrelaciones que se originan de su funcionalidad (Polanco, 2006).

Por último, se requirió la consulta a la comunidad, y para calcular el número de entrevistas a realizar, se dividió en 20 zonas de muestreo a la ciudad, estas equivalentes al subnivel jerárquico inmediato de la entidad territorial, es decir a las localidades. No obstante, para proporcionar más solidez en los resultados, se incluyó la percepción de dos municipios que colindan a la ciudad, el municipio de Mosquera y el municipio de Cota, para estos últimos también se eligió el subnivel jerárquico inmediato de la entidad territorial, que, para el caso municipal, es el equivalente a la zona urbana y a la zona rural; dando así un total de 24 zonas de muestreo. Por consenso de los investigadores se determinó aplicar 5 entrevistas por cada zona de muestra, lo que genera como resultado la aplicación de 120 entrevistas. Mediante la siguiente fórmula se representa la determinación de la muestra mencionada:

$$M = \left(\sum SJI_{Bogotá} + SJI_{Cota} + SJI_{Mosquera} \right) * (5)$$

$$M = (\sum 20localidades + (1ZonaRural + 1ZonaUrbana) + (1ZonaRural + 1ZonaUrbana)) * (5)$$

$$M = (20 + 2 + 2) * (5) = 120$$

Donde:

M = Muestreo total.

SNI = Subnivel Jerárquico Inmediato de la entidad territorial.

Resultados

Para cada una de las unidades estudiadas, la cuenca hidrográfica y la ciudad, se crearon unas expresiones espacio temporales, que permiten generar elementos comparativos y establecer aspectos de la interacción bajo análisis. Para el caso de la ciudad de Bogotá, se creó la siguiente línea de tiempo, que representa la evolución de Bogotá, caracterizada por ser el escenario o centro de poder en Colombia. Además, se observa cómo ha sido de intensa la presión de poblamiento de la ciudad, que para la actualidad se definen 117 Unidades de Planeamiento Zonal -UPZ-, 20 Alcaldías Locales (una por localidad) y una Alcaldía Mayor, quien en conjunto se encargan de planificar el desarrollo y funcionamiento armónico de la ciudad.



Figura 3

Historia evolutiva de la ciudad de Bogotá

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para expresar la formación natural y gradual del caso cuenca hidrográfica del río Bogotá, se adaptó una figura resumiendo a grandes rasgos, el proceso natural que dio origen a esta unidad. La siguiente figura plasma en breve la información indicada:



Figura 4

Formación de la cuenca hidrográfica del río Bogotá

Fuente: Elaboración propia partir de la información de Jaimes (2011)

El aporte de la comunidad en la identificación de las interacciones entre la ciudad de Bogotá y la cuenca hidrográfica del río Bogotá, arrojó como resultado que la contaminación por basuras, es la acción que más le genera impacto a la cuenca hidrográfica, en dicho resultado estuvo de acuerdo el 52% de la población encuestada. Por otro lado, el 55% del tamaño de la muestra sugiere que la educación ambiental es la acción indicada para mejorar las relaciones entre las unidades bajo análisis.

Las interacciones resultantes después de aplicar la consulta de información primaria y el análisis de información secundaria, son enmarcadas en las relaciones de tipo presión-impacto, donde evidentemente la ciudad genera la presión sobre la cuenca hidrográfica que la contiene, generando así que esta afecte su funcionalidad. Aunque notablemente se percibe que es la cuenca hidrográfica la que se está impactando negativamente y perdiendo a su vez resiliencia, la ciudad a largo plazo también recibirá impactos producto de sus mismas presiones, impactos que incluyen la pérdida de los beneficios ambientales, y del suelo donde se asienta, aumentando así su fragilidad. La siguiente figura enseña la relación presión-impacto identificada en las unidades/sistemas territoriales analizados:



Figura 5

Relaciones presión-impacto en la ciudad de Bogotá y la cuenca hidrográfica del río Bogotá.

Fuente: Elaboración propia.

Las presiones e impactos indicados recaen sobre uno o varios recursos naturales más que en otros, entonces, para generar una idea más clara de la presión-impacto, en la siguiente tabla se agrupa por recurso las presiones e impactos resultantes de las interacciones entre la ciudad de Bogotá y la cuenca hidrográfica del río Bogotá. En síntesis, desde la óptica de las personas entrevistadas, es el recurso suelo en el cual se ejercen la mayoría de presiones identificadas, específicamente el 50% del total, pues el 50% restante se distribuye en los demás recursos; por otro lado, los impactos recaen en igual proporción (26,3%) sobre los recursos suelo, agua, y biodiversidad, que en conjunto suman el 78,9% del total, y el restante es el impacto que reincide sobre los recursos aire y subsuelo.

Tabla 1

Relación presión-Impacto resultantes de las interacciones ciudad – cuenca Bogotá-Colombia

Recurso	Presión	Impacto
Suelo	Principal atractivo inmobiliario del país.	Contaminación suelo.
	Asentamientos irregulares.	Desertificación.
	Expansión urbana.	Aumento de riesgos naturales (remoción en masa, inundación, deslizamientos).
Subsuelo	Aumento de residuos sólidos.	Denudación o pérdida de cobertura vegetal.
	Crecimiento urbano desordenado.	Intensificación del efecto invernadero y cambio climático.
	Vertimientos domésticos e industriales.	Contaminación subsuelo.
Aire	Sobredemanda de recursos naturales (suelo y agua).	Denudación o pérdida de cobertura vegetal.
	Vertimientos domésticos e industriales.	Contaminación aire.
	Explotación minera.	Denudación o pérdida de cobertura vegetal.
Agua	Parque automotor saturado.	Contaminación agua.
	Emisiones fijas por industrias.	Aumento de riesgos naturales (remoción en masa, inundación, deslizamientos).
	Aumento de residuos sólidos.	Denudación o pérdida de cobertura vegetal.
Biodiversidad	Sobredemanda de recursos naturales (suelo y agua).	Intensificación del efecto invernadero y cambio climático.
	Expansión urbana.	Fragmentación de la conectividad ecológica.
		Pérdida de biodiversidad.
		Denudación o pérdida de cobertura vegetal.
		Desertificación.
		Intensificación del efecto invernadero y cambio climático.

Fuente: Elaboración propia.

Desde el enfoque de la ingeniería geográfica y ambiental, cada suceso puede expresarse de forma multiespacial, multitemporal y multiobjetivo. Por ello, al estudiar las interacciones entre la ciudad de Bogotá y la cuenca hidrográfica del río Bogotá, es necesario adentrarse en escalas de diversos tamaños, que permitan visualizar, cómo, a través del tiempo, las presiones y los impactos, son diferentes, pero van conduciendo al mismo camino de degradación, tanto de la ciudad, como de la cuenca hidrográfica.

Por último, la importancia de trabajar los problemas geográfico-ambientales desde la multiescalaridad es que permite la identificación de aspectos a mayor y/o menor detalle, de acuerdo con los objetivos que se hayan trazado. El determinar interacciones entre dos unidades territoriales, como lo es el caso presentado, conlleva a elegir la escala adecuada de análisis, que para la presente investigación debe ser de tipo regional, tal como lo es, la escala 1:800.000, ya que dentro de esta cuenca hidrográfica se sitúan total y parcialmente 45 municipios adicionales a la ciudad de Bogotá. Pero, al trabajar con escalas regionales puede que se pierda detalle en la información, ya que no es lo mismo trabajar en la escala mencionada, a trabajar en una de mayor detalle, por ejemplo 1:600.000, que se ajustaría adecuadamente a un estudio donde la unidad de análisis de mayor jerarquía sea la cuenca hidrográfica media del río Bogotá. Sin embargo, el hecho de acercarse para poder profundizar, exige investigaciones de mayor profundidad, que por supuesto implican inversión en costos de mayor envergadura.

Discusión

Con los resultados alcanzados en esta investigación, que consideramos, deben seguir profundizándose, podemos generar la discusión, basados principalmente en el apoyo a la hipótesis original que se ha planteado en este escrito, cual es, la necesidad de analizar las interacciones de la ciudad, con la cuenca hidrográfica que la alberga, para establecer la funcionalidad o disfuncionalidad de sus relaciones, conducentes a proponer estrategias de desarrollo territorial, que permitan una relación armónica ciudad-cuenca hidrográfica. Debido a varios tipos de presiones en el sistema natural cuenca hidrográfica, en el que se destaca el impacto gradual y exponencial producido por las fuertes demandas de la ciudad central, la cuenca hidrográfica ha perdido gran parte de sus características naturales y su funcionalidad como sistema, se está debilitando. Asunto que, a su vez, pone en riesgo la funcionalidad del sistema urbano, en tanto, que va perdiendo la oferta de recursos naturales necesarios para su dinámica como ciudad. Lo que demuestra una falla en las interacciones funcionales de ambos sistemas, debido a que se crea una insuficiencia, por una parte, en la regulación del sistema natural cuenca hidrográfica y por otra, en el soporte del sistema urbano ciudad.

Y dado que ambas unidades son sistemas abiertos, la disfuncionalidad se va multiplicando en el espacio, pasando de la insuficiencia de la ciudad, a la insuficiencia de la cuenca hidrográfica, luego a la insuficiencia de la región y así sucesivamente, hasta el punto de que, ni la ciudad podrá funcionar como sistema urbano, ni la cuenca hidrográfica, como sistema natural. Frente a lo cual, la responsabilidad mayor recae sobre la cantidad de personas que habitamos el sistema urbano ciudad, ya que podemos trazarnos objetivos comunes que beneficien a la ciudad y a la cuenca hidrográfica, con controles adecuados, que no permitan el deterioro progresivo de la ciudad y su entorno, la cuenca hidrográfica. Y como lo sugieren Posada *et al.* (2016), el análisis sistémico puede apoyar la elaboración de unas acciones estratégicas, gracias a la posibilidad de observar algún elemento urbano, como una parte de un todo, en diferentes niveles espaciales y, al mismo tiempo, como parte de un todo, que corresponde a distintos sistemas.

Lo cual es apoyado por Romero y Vásquez (2005), quienes realizaron una investigación aplicada, y sostienen que las cuencas hidrográficas son complejos sistemas ambientales en que se desarrollan procesos

geomorfológicos, hidrológicos, climáticos y ecológicos que son impactados por la urbanización, y lo demuestran utilizando sistemas de información geográfica, para analizar el impacto de la urbanización sobre indicadores ambientales, tales como productividad vegetal, biomasa, humedad en el suelo y temperaturas superficiales de los territorios ocupados.

Es así que, para establecer la disfuncionalidad, en las interacciones ciudad-cuenca hidrográfica, es preciso adentrarse en las conexiones principales entre ambos sistemas. En este caso, las principales conexiones están dadas por el río como conector y dinamizador de la cuenca hidrográfica y por el suelo, como el tejido de soporte y de unión de ambos sistemas. Es en este punto donde nos detenemos para establecer que hay unas entradas desde y hacia cada sistema y unas salidas, que en la relación ciudad-cuenca hidrográfica, se expresan como presiones e impactos. La cuenca hidrográfica alimenta de forma positiva a la ciudad, luego, la ciudad, alimenta a la cuenca hidrográfica de forma negativa, lo que trae como consecuencia, que la capacidad de la cuenca hidrográfica, para alimentar de servicios naturales a la ciudad, vaya disminuyendo, pero debido a la alta demanda de la ciudad sobre estos servicios ambientales, la presión crece. Lo que trae como consecuencia un desbalance en el proceso y una crisis tendencial, en la relación cuenca hidrográfica ciudad, debido a la acumulación de presiones, que impactan sucesivamente a la cuenca hidrográfica, debilitándola y creando un panorama con graves consecuencias para la ciudad.

Para investigadores como Amaya (2005), cobra interés el estudio del entorno de la ciudad, el cual es sinónimo de ecosistema urbano, pues en él se conjugan elementos del espacio natural y elementos del espacio artificial, en una suerte de simbiosis, para lo cual se hace necesario caracterizar el ecosistema urbano, a la luz de la teoría general de los sistemas, haciendo hincapié en su proceso de formación, en su naturaleza, en las distintas escalas geográficas que los sustentan y en los mecanismos reguladores. Destaca la ocurrencia de una estrecha relación de hábitat entre el previamente existente y lo construido por el ser humano; de allí que en el espacio urbanizado se evidencian las relaciones mutuas, de dependencia, entre la ciudad y su entorno, por ser este último el espacio vital que suministra los insumos naturales necesarios para la vida urbana.

Asunto que puede minimizarse con la participación de todos los ciudadanos. Lo que nos lleva necesariamente, a apoyar el planteamiento de Carmona y Guzmán (2016), en tanto que es en el sistema de organización social (estructura política, social, económica y ecológica), donde deben concentrarse las acciones de mejora, pues el ser humano, a través de la cultura, transforma su ecosistema, sea para deteriorarlo o para mejorarlo. No se pretende que el sistema cuenca hidrográfica pueda volver a ser el mismo desde que se formó como tal, sino, que, las relaciones entre ambos sistemas sean armónicas, y que quien demanda más, aporte más, al logro de tal armonía. La evolución del sistema urbano ciudad, depende casi totalmente, de la cultura de quienes la habitan, la administran y la controlan. Una cultura de respeto por el entorno que la alberga, es fundamental para garantizar el desarrollo del territorio en conjunto.

Las interacciones negativas entre la ciudad y la cuenca hidrográfica, se inician en las alteraciones de la regulación del sistema natural cuenca hidrográfica. De tal manera, que su disfuncionalidad, agrava la disfuncionalidad de la ciudad. La sobrecarga del río y del suelo, generan insuficiencias en el sistema cuenca hidrográfica. Lo que se traduce en la obstrucción del sistema hídrico y en la sobreutilización del suelo. Por lo que, al revisar las relaciones ciudad-cuenca hidrográfica, debemos también revisar a fondo, las relaciones de las microcuencas internas a la ciudad, con las formas de uso y ocupación del suelo.

El asunto aquí tratado, sobre el análisis de las interacciones ciudad cuenca hidrográfica, es importante, no solo desde la óptica de la cuenca hidrográfica o desde el enfoque de la ciudad, sino, sobre todo, en el mundo postmoderno, en el ámbito de las relaciones complejas. Es por ello que Posada y Páez (2016), consideran que, para asumir el reto del crecimiento acelerado de las ciudades, es necesario plantear estrategias de mejoramiento territorial, que contengan enfoques cruzados, capaces de interpretar la complejidad generada entre los procesos de expansión y los ecosistemas naturales.

En particular, Dourojeanni y Jouravlev (1999), han enfocado su estudio en la necesidad de revisar la gestión de cuencas hidrográfica vinculadas con centros urbanos, debido a que la interacción entre los centros urbanos, con las cuencas hidrográfica y sus ríos, generan no solo riesgos, sino desabastecimiento de agua para el consumo humano, por lo que, consideran la gestión de cuencas hidrográfica como un equivalente a la gestión de conflictos entre seres humanos y de estos con el entorno.

En el enfoque de ciudad, Lahoz (2010) expresa que las circunstancias actuales de la ciudad han cambiado, la población y las necesidades no son obviamente las de hace unas décadas y, por tanto, se hace necesario cambiar la funcionalidad, dimensión y estructura de las ciudades, pero la obligación pasaría por minimizar el impacto de la expansión, regenerar las ciudades existentes y aplicar pautas encaminadas hacia la sostenibilidad, lo que implica, mirar al suelo como espacio vital, que puede convertirse en muchos casos en un recurso no renovable, y por tanto su consumo descontrolado lleva a un tipo de contaminación muy grave y a la que, sin embargo, no se ha prestado demasiada atención. Esto debido a que, la influencia de las ciudades sobrepasa sus límites geográficos con impactos a escala regional mediante la demanda de recursos naturales, la generación de residuos y las emisiones al suelo, al agua y al aire.

Para finalizar, reflexionamos sobre la oportunidad de celebrar eventos de intercambio de experiencias entre países. En concreto, en el quehacer de los centros de investigación y desarrollo existen muchos retos, pero más que ello, oportunidades de realizar investigaciones que no solo profundicen, sino que aporten a las necesidades actuales y futuras de vivir mejor en comunidad. En el caso específico de una Facultad de Ciencias Ambientales, es imprescindible que construyamos redes que permitan aportar conocimiento sobre los ecosistemas y sobre la organización social que ocupa, usa y transforma el territorio. Asunto, en el cual, la Ingeniería Geográfica y Ambiental, puede aportar un grano de arena, desde su enfoque multiespacial, multitemporal y multiobjetivo. Es por ello, que insistimos en el planteamiento de que los problemas son necesarios para que los sistemas mantengan su dinámica y más que necesarios, los problemas ambientales son una consecuencia, pero tan bien son una causa y una buena razón, para seguir profundizando en la investigación y sobre todo, para que la investigación permita hacer propuestas y desarrollar acciones en pro de un futuro común más alentador.

Conclusiones

La cuenca hidrográfica es “vieja”, en términos de los años de formación que conlleva, y la ciudad es “joven”. En términos de área, la cuenca hidrográfica es “grande” y la ciudad es “pequeña”, en comparación con el tamaño de la cuenca. Pero en términos de dinámicas, la ciudad genera una muy alta dinámica, debido a la concentración de personas en ella, a la alta densidad de habitantes demandando recursos constantemente, y por su parte, la cuenca hidrográfica tiene una dinámica “lenta”, para recuperar su estado de oferente de recursos y servicios ambientales. En otras palabras, la cuenca hidrográfica podría entenderse como un sistema viejo, grande y lento, y la ciudad, como un sistema, joven, pequeños y muy dinámicos. Ambos, con sus particularidades, deben vivir

juntos. Lo injusto es que una viva a expensas de la otra, sin ayudarle a mantenerse para que continúe la simbiosis en relativa armonía.

La responsabilidad de la funcionalidad entre las relaciones ciudad-cuenca hidrográfica, es un asunto de todos, especialmente de los habitantes que mediante las actividades del diario vivir, generan presiones sobre el entorno natural, y aunque el efecto o impacto no se visualice de inmediato, se acumula hasta alterar esta funcionalidad. Recordando que es un tema multiescalar, en el que el aporte puede parecer poco, pero en lo multitemporal los resultados pueden sumar hasta alcanzar la escala global, es decir, el actuar en armonía con el ambiente desde una escala local genera a futuro la simbiosis ciudad-cuenca hidrográfica en el globo.

Y aunque todos piensan y actúan diferente, como se estableció en esta investigación, en la cual se determinó que, desde la óptica de diagnósticos especializados, en las interacciones ciudad-cuenca hidrográfica, el recurso más afectado es el agua y, desde la perspectiva de la población, el recurso más afectado es el suelo, es innegable que todos viven situaciones muy similares, sea en Colombia, Ecuador, México, porque todos viven en el mismo planeta y tenemos la responsabilidad de cooperar, independiente del tamaño, la edad o la fuerza que tengan.

Agradecimientos

El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados y quienes agradecen a la U.D.C.A, la financiación de la investigación “Estrategias de ordenamiento territorial para la ciudad de Bogotá”, a partir de su relación con la cuenca media del río Bogotá.”, desarrollada en el marco del proyecto de investigación “Coherencia de la gestión territorial en Colombia”, que hace parte de las actividades del grupo de Investigaciones Geográficas para el Desarrollo Territorial.

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá (2015). *Historia de Bogotá*. Recuperado de: <http://www.bogota.gov.co/ciudad/historia>.
- Amaya (2005). El ecosistema urbano: simbiosis espacial entre lo natural y lo artificial. *Revista forestal latinoamericana*, N° 37/2005. pp. 1-16.
- Carmona, J. y Guzmán, S. (2015). Aproximación teórica para un enfoque territorial de la ciudad-cuenca. *Bitácora* 26 (1),. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp.103-110.
- Colombia Aprende (2015). *6 de agosto, fundación de Santa Fe de Bogotá*. Recuperado de: <http://aprende.colombiaaprende.edu.co/es/agenda/efem%C3%A9ridas/6-de-agosto-fundaci%C3%B3n-de-santa-fe-de-bogot%C3%A1>.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2006). *Plan de ordenación y manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá*. Recuperado de: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=t_norma_archivo&p_normfil_id=305&f_normfil_file=x&inputfileext=normfil_filename.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (s.f.). *Evaluación Ambiental y Plan de Gestión Ambiental*. Recuperado de: [http://www.observatorioambientalcar.co/archivos/1393271399evaluacionambientalvolumeni\(1\).pdf](http://www.observatorioambientalcar.co/archivos/1393271399evaluacionambientalvolumeni(1).pdf).

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2012). *Atlas Estadístico de Colombia, Tomo I: Demográfico*. Recuperado de: <http://sige.dane.gov.co/atlasestadistico/>.
- Dourojeanni, A. y Jouravlev, A. (1999). *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, pp. 99-12-968.
- Ducci, E. (s.f.). *Conceptos Básicos de Urbanismo*. Recuperado de: https://issuu.com/jacksonmen des6/docs/conceptos_basicos_de_urbanismo.pdf.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia & Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (2001). *Estudio ambiental de la Cuenca Magdalena – Cauca y elementos para su Ordenamiento Territorial*, pp.9.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2015). *En el 63 por ciento de la Sabana Bogotá no se cultiva*. Recuperado de: <http://noticias.igac.gov.co/en-el-63-por-ciento-de-la-sabana-bogota-ya-no-se-cultiva-igac/>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2016). *¿En dónde están los mejores suelos para cultivar en el país?*. Recuperado de: <http://noticias.igac.gov.co/en-donde-estan-los-mejores-suelos-para-cultivar-en-el-pais/>.
- Lahoz, E. (2010). Reflexiones medioambientales de la expansión urbana. *Cuadernos Geográficos*, 46 (2010-1), pp.293-313.
- Marín, S. (2015). *Revalorización entre el territorio cuenca y ciudad intermedia*. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/49526/1/6811506.2015.pdf>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2002). Indicadores Ambientais: Rumo a un desarrollo Sustentable. *Serie Cadernos de referència Ambiental. Vol. 9*, pp. 209.
- Ouledo y Arango (2011). Corazón y pulmón: buenos amigos, peores enemigos (I). Etiología y fisiopatología de las interacciones cardiopulmonares. *Boletín de la sociedad de pediatría de Asturias, Cantabria, Castilla y León. Vol. 51 N° 215*.
- Peña, G. (1991). *Exploraciones arqueológicas en la cuenca media del río Bogotá*. Recuperado de: <http://banrepcultural.org/sites/default/files/exploraiones-cuenca-riobogota.pdf>.
- Polanco, C. (2006). Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones. *Gestión y Ambiente, vol. 9, núm. 2m*, Universidad Nacional de Colombia, pp.34.
- Posada Arrubla, A.; Paredes Buitrago, A.D.; Ortiz Romero, G.E.(2016). Enfoque sistémico aplicado al manejo de parques metropolitanos, una posición desde Bogotá D.C. Colombia. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(1)*: pp. 207-217.

Posada y Páez (2016). Modelo de desarrollo local para una zona de Bogotá-Colombia, relacionando la estructura ecológica principal y el proceso de expansión urbana. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 19(2): pp.445-455.

Romero y Vásquez (2005), Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. *Revista eure (Vol. XXXI, N°94)*, Santiago de Chile. pp. 97-118.

Caracterización de la calidad del agua del río Pove de la ciudad de Santo Domingo

Judit García González

Universidad Tecnológica Equinoccial
judit.garcia@ute.edu.ec

María Lorena Cadme

Universidad Tecnológica Equinoccial
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
maria.cadme@ute.edu.ec

Sonia Leyva

Universidad Tecnológica Equinoccial
sonia.leyva@ute.edu.ec

Resumen

El río Pove atraviesa de este a oeste la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas y recibe las aguas residuales domésticas de las viviendas ubicadas alrededor de su cauce, sin tratamiento previo, por lo que se considera uno de los ríos más contaminados de este cantón. El presente estudio se realizó de enero a abril del 2016 en cuatro puntos de muestreo localizados en diferentes sectores. Los parámetros analizados fueron: sólidos totales, turbidez, pH, conductividad, oxígeno disuelto, DQO, Ca, Mg, Mn, K, Zn, y coliformes fecales en relación a la variación temporal y espacial de los mismos, determinando las áreas de mayor influencia en la contaminación del río. Los resultados se compararon con los indicadores de la normativa ecuatoriana. Se determinó bajos niveles de oxígeno disuelto y muy altos en coliformes fecales en todo su recorrido, estos parámetros no cumplen con los límites permisibles de la normativa ecuatoriana para la preservación de la vida acuática.

Palabras claves: Río, contaminación, calidad, aguas.

Abstract

The Pove River crosses from east to west Santo Domingo de los Tsáchilas city and receives the domestic sewage from homes located around its channel, and without any previous treatment, for this reason it is considered one of the most polluted rivers of city. The present study was carried out from January to April of 2016, in four sampling points located in different sectors. The parameters which were analyzed are: total solids, turbidity, pH, conductivity, dissolved oxygen, COD, Ca, Mg, Mn, K, Zn, and fecal coliforms in relation to temporal and spatial variation, determining areas of greatest influence in the pollution of the river. The results were compared with Ecuadorian regulations indicators. Low levels of Dissolved Oxygen and very high in Fecal Coliforms were determined during their entire, these parameters do not the permissible limits of the Ecuadorian regulations for the preservation of aquatic life.

Keywords: River, pollution, quality, water.

Introducción

El deterioro de la calidad del agua es un fenómeno que afecta a la parte ambiental, económica y social de un país. Casi el total de los cuerpos hídricos que se encuentran por debajo de los 2000msnm en el Ecuador se

encuentran contaminados (Isch, 2011). Los ríos tienen la capacidad de autodepurarse, para esto es necesario reducir los factores que producen la perturbación. Cuando las aguas residuales exceden la capacidad de asimilación por parte del cuerpo receptor, este pierde su calidad y su capacidad de autodepurarse (Junta de Andalucía, 2015).

El río Pove atraviesa de este a oeste la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, recibe aguas residuales de los asentamientos urbanos ubicados en los alrededores, mantiene una contaminación del 80 %, (El Diario, 2010) y se desconoce el aporte de la ciudad en los niveles de contaminación reportados, imposibilitando la aplicación de técnicas efectivas para mejorar la calidad de su agua.

En el presente trabajo se ubica puntos de muestreo, analiza la variación espacial y temporal y, determina los parámetros que no cumplen la normativa vigente de calidad del agua y las áreas de mayor influencia de deterioro ambiental en su cauce por la ciudad de Santo Domingo. Proporciona información base para el diseño de una técnica de mejora de la calidad del agua.

Metodología

Diagnostico preliminar

Durante los meses de junio y julio del 2015 se realizó un diagnóstico y subdividió el cauce del río en tres tramos: 1) Cooperativa Los fundadores Av. Quito hasta Av. Abrahan Calazacón, 2) Grand Hotel Santo Domingo hasta Av. Abrahan Calazacón y Dr. Luis Cordero y, 3) Cooperativa Santa Martha, Urbanización Los Girasoles hasta la Ciudadela del Chofer.

Identificación de los puntos de muestreo

Se realizó un muestreo sistemático por puntos, considerando el tiempo y lugar para la toma de muestras. (NTE INEN, 1998), con frecuencia mensual durante cuatro meses en cuatro puntos diferentes del cauce del río (*Tabla 1 y Figura 1*).

Tabla 1
Coordenadas de los puntos de muestreo

Código	Coordenadas	Ubicación	Características
P1	Latitud: -0.258114° Longitud: -79.130106°	Av. Quito, entrada junto al complejo turístico Turiscol	Zona rural, presencia de desechos sólidos, vertido de aguas posiblemente de carácter residual, alta presencia de vegetación.
P2	Latitud: -0.255141° Longitud: -79.164548° Latitud: -79.164548°	Av. Río Toachi 680, entrada por el garaje de Grand Hotel Santo Domingo	Zona urbana, leve presencia de desechos sólidos, baja presencia de vegetación. (Antes de la zona céntrica de mayor influencia)
P3	Longitud: -79.179723°	Av. Abrahan Calazacón y Dr. Luis Cordero, Cooperativa las Palmeras	Zona urbana marginal, presencia de desechos, vertido de aguas residuales, no existe vegetación. (Pasando la zona céntrica de mayor influencia)
P4	Latitud: -0.294184° Longitud: -79.209998°	Vía Quevedo km 5 ½, entrada por Ciudadela del Chofer.	Zona rural, presencia de desechos, alta presencia de vegetación

Fuente: Elaboración propia



Figura 1

Recorrido del Río Pove por la ciudad de Santo Domingo. Puntos de muestreo.

Fuente: GAD Municipal de Santo Domingo de los Colorados y modificada en Google Earth. 2015

Parámetros medidos

Se midieron parámetros físicos, químicos y biológicos (*Tabla 2*) durante cuatro meses. En el caso de OD, DQO, Zn y Mn se registró datos durante tres meses.

Tabla 2
Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos realizados a las muestras

Parámetros medidos					
Físicos	Unidad	Químicos	Unidad	Biológicos	Unidad
Sólidos Totales (ST)	mgL-1	Oxígeno Disuelto (OD)	mgL-1	Coliformes Fecales	nmp/100ml
Turbiedad	NTU	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgL-1		
Conductividad	uS/cm	Calcio (Ca)	ppm		
pH	Unidades	Magnesio (Mg)	ppm		
		Potasio (K)	ppm		
		Hierro (Fe)	ppm		
		Manganeso (Mn)	ppm		
		Zinc (Zn)	ppm		

Fuente: Elaboración propia

Se determinó el oxígeno disuelto mediante el método volumetría (Standard Methods, Ed. 21, 2005 4500), la conductividad y el pH por electrometría (Standard Methods, Ed. 22, 2012 2510 B y 4500 B); los sólidos totales por gravimetría (Standard Methods, Ed. 22, 2012 2540 B), la DQO utilizado fue el “método refluo cerrado/volumétrico” (Standard Methods, Ed. 22, 2012 5220 C). Los minerales (Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn) se determinaron mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica (Standard Methods Ed. 22, 2012 4500) y los coliformes fecales número más probable (Standard Methods, Ed. 22, 2012 9222 B2a).

Los resultados se compararon entre los puntos de muestreo, periodos de muestreo, la normativa ecuatoriana “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Libro VI. Anexo 1” (Ministerio del Ambiente, 2014) y, normativas extranjeras: Parameters of wáter quality, Interpretation and standars, Environmental Protection Agency (USA) “EPA” y Real decreto 849/1986, 11 de abril, España (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 2015).

Las pruebas estadísticas se realizaron con el software InfoStat +R, con referencia a la normativa que se aplica para cada parámetro.

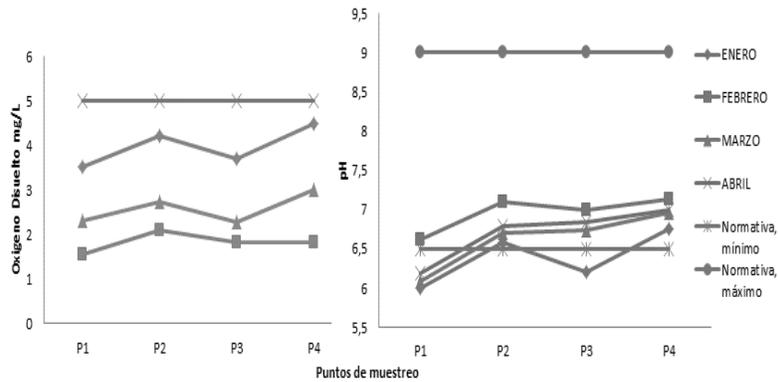


Figura 2

Distribución temporal (meses) y espacial (puntos de muestreo) del oxígeno disuelto y el pH

Fuente: Autores

Oxígeno Disuelto

Los valores del OD varían desde 1.56 mg/L hasta 4.47 mg/L con un valor medio de 2.79 mg/L (DE 0.98 mg/L; LS 3.30 mg/L), lo cual se encuentra significativamente ($p=0.0001$) por debajo de la normativa (mínimo 5 mg/L). El mes de febrero presentó valores más bajos, mientras que el mes de enero fue superior (Figura 2), mostrando similar comportamiento. Cabe señalar que Toro et al, (2002) refiere que el OD puede depender tanto de las condiciones climáticas como de la actividad antrópica.

Se puede observar que la calidad del agua con respecto al OD es menor en el punto 1 y en el punto 3. En el caso del P1 está cerca de la vertiente subterránea que da origen al río, y el agua de vertientes es bajo en OD debido a que se imposibilita los procesos de aireación y fotosíntesis, los cuales según Peña (2007), aumentan la disponibilidad del gas oxígeno en el agua.

En el caso P3, el OD bajo se puede relacionar a la baja turbulencia que presenta el río en este sector, a la falta de plantas acuáticas que realicen fotosíntesis y al vertido de aguas residuales cargadas de coliformes, ya que este punto es aguas abajo de la zona céntrica de la ciudad visualizándose que el río toma una coloración carmelita oscura. Por último, Russell (2012) refiere que el OD disminuye en las zonas de descarga de aguas residuales, debido a los procesos de descomposición natural de la materia orgánica por los microorganismos que tiene lugar conocido como autodepuración y, Toro et al, (2002), que las variaciones de oxígeno disuelto se producen en tramos sometido a una mayor contaminación y con una densidad importante de vegetación acuática.

Potencial Hidrógeno (pH)

Los valores de pH obtenidos en el P1 (enero, marzo, abril) y en el P3 (enero) no cumplen con el mínimo establecido (6,5). Estos valores oscilan entre 6 y 7,13 con media aritmética de 6.67 (DE 0.36) resultado que se encuentra dentro del rango establecido por la normativa ecuatoriana ($p=0.9999$ y $p=0.9576$), por ende, el pH no representa un problema en la calidad del agua del río (Figura 3).

El comportamiento de este indicador sigue la misma tendencia. En el mes de enero el pH del agua fue menor mientras que el mes de febrero presentó un pH mayor. En P1 es el punto donde se tiene el pH más bajo, mientras que P4 presenta el pH más alto en todas las ocasiones.

Estos resultados muestran comportamientos similares al oxígeno disuelto. En la correlación entre dichos parámetros existe una relación lineal entre el OD y el pH ($R^2=0.7849$) donde por cada unidad de OD el pH se incrementa en 0.9, lo que indica que a pH cercanos a 7 el OD es mayor ($y=0.9002x+4.1575$).

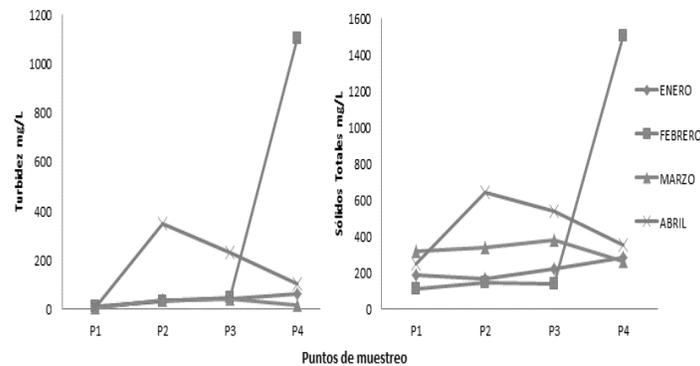


Figura 3

Distribución temporal (meses) y espacial (puntos de muestreo) de la turbidez y sólidos totales.

Fuente: Autores

Turbidez

En la *Figura 3* se expresa el avance de la turbidez con respecto a los diferentes puntos de muestreo. Se observa que todos los meses tienen la misma tendencia, con excepción del mes de febrero (P4), que presenta una anomalía, posiblemente causada por obras civiles. El mes de abril presenta una mayor turbidez. La media de turbidez es de 130.27 NTU (DE 274.5).

Tanto en el TULSMA como en la EPA, no se encuentra establecido un límite para la turbidez con el fin de la preservación de la flora y fauna, por lo tanto, no es posible decir que un cuerpo de agua se encuentra contaminado por tener una elevada turbidez.

La turbidez en el agua es la presencia de sólidos en suspensión que en muchas ocasiones es producida por partículas coloidales, partículas minerales u orgánicas, microorganismos o plancton (Marcó, Azario, Metzler, & García, 2004). La turbidez causada por partículas coloidales es provocada por la existencia de lluvias, especialmente cuando se producen en suelos con alta susceptibilidad a la erosión (Toro et al, 2002). Tiene un efecto directo en la concentración de oxígeno disuelto. Al reducir la penetración de la luz en el agua baja la actividad fotosintética y provoca una reducción de la concentración de oxígeno disuelto (Russell, 2012).

El río Pove, al ser un cuerpo de agua eutrofizado por acción de las descargas de aguas residuales domésticas provenientes del centro de la ciudad, posee una alta concentración de nutrientes que permiten el desarrollo de cianobacterias, que producen un incremento en la turbidez del agua (Bauzá, Adrinolo, & Giannuzzi, 2012). Sin embargo, no se tiene sustento científico que pueda respaldar lo mencionado anteriormente, por lo tanto, es necesario realizar análisis de concentraciones de cianobacterias y de los nutrientes (NTK, P y K) en el río para poder validar esta teoría.

Sólidos Totales

Como se puede apreciar en la *Figura 3* los ST siguen la misma tendencia, con excepción del P4 (febrero) en el que presuntamente por obras civiles adquirió una mayor cantidad. Al igual que en la turbidez, los ST tienden a

presentar una mayor concentración en el mes de abril. No se dispone de un límite que regule la cantidad de sólidos totales en aguas superficiales para determinar su calidad.

Existe una correlación de 0.9995 que es una correlación positiva grande y perfecta entre la turbidez y los ST del P4, con $y=1.1592x+228.55$. Además, en el mes de abril tienen una correlación lineal de 0.9896, este valor se cataloga como positivo muy alto ($y=1.1788x+244.03$).

La turbidez depende de la cantidad de ST que tiene el río, se puede decir que son por partículas coloidales. El comportamiento de los sólidos totales se debe a la precipitación pluvial, que arrastra materia orgánica e inorgánica producto de la erosión del suelo (Calvo, 2007).

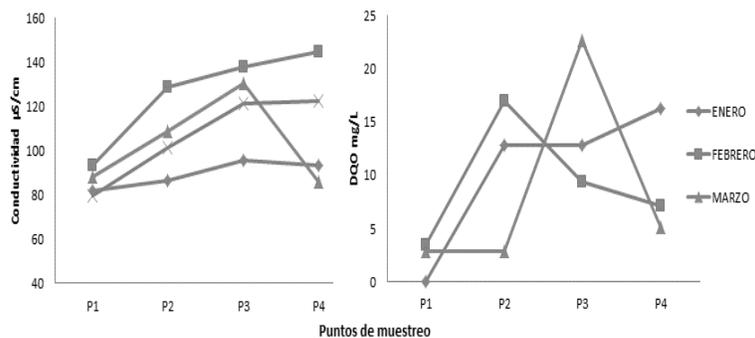


Figura 4

Distribución temporal (meses) y espacial (puntos de muestreo) de la conductividad y DQO

Fuente: Autores

Conductividad

La conductividad es un parámetro que determina la capacidad que tiene el agua para transmitir la electricidad (López, Nevels, & Kading, 2011). Este indicador varía entre un rango de 79,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 144,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con un valor promedio de 106,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($DE=21.5 \mu\text{S}/\text{cm}$). No se encuentra un límite establecido para la conductividad en la normativa ecuatoriana, por lo que se usó los estándares de la EPA, los mismos que establecen un límite de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo tanto, el río Pove cumple con la normativa en todos los puntos ($p=0.9999$).

La conductividad eléctrica del agua va aumentando mientras avanza en su cauce, con excepción en el P4 durante el mes de marzo que disminuyó (Figura 4). El mes de febrero tuvo mayor resultado, mientras que el mes de enero fue menor.

La conductividad está relacionada a la salinidad de un cuerpo de agua (Recinto Universitario de Mayaguez-Universidad de Puerto Rico), la cantidad de sólidos totales disueltos (STD), presión osmótica (Pérez León, 2011) y el riesgo de daño de suelo mediante la comparación con la relación de absorción de sodio (RAS) en aguas para riego (Sela).

Por otra parte, los trabajos del Toro et al (2002) reflejan claramente la dependencia de la conductividad a la geología y suelos de la cuenca, cuyos valores elevados se deben a la presencia natural de iones y nutrientes (nitratos) muy elevados, existiendo una relación directa entre la proporción de sustratos solubles (Calcareos+sedimentarios-margas) y los valores de conductividad.

Demanda Química de Oxígeno

Tanto en la normativa ecuatoriana como en la EPA no se encuentra definido un límite para la DQO, se utilizó como referencia el Real decreto 849/1986 en el que se establece 30 mg/L^{-1} como límite máximo permisible. Todas las mediciones se encuentran dentro del rango con un valor promedio de 9.33 mg/L (DE 6.97 mg/L , LI 5.72 mg/L) y $p=0.9999$.

En la *figura 4* se observa que la DQO no sigue la misma tendencia. El P1 presenta un valor menor a los demás puntos, mientras que el P2 y P3 presentan valores superiores. Este comportamiento se debe a que en el P1 la cantidad de población que vive en los alrededores del río es baja, mientras que en el P2 y P3 la población que vive en los alrededores del río aumenta incrementando los niveles de contaminación con sus aguas residuales.

La DQO es la cantidad de oxígeno ocupado para oxidar toda la materia oxidable, tanto la orgánica como la mineral. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm, o algo superiores. El estudio de Dimas et al (2015) refiere valores que fluctúan desde 14 a 26 mg/L para DQO en el cauce aguas blancas del municipio de Acapulco.

El valor de la DQO es siempre superior al de DBO_5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente (Ver Rivera et al., 2004). Un aspecto a destacar es que niveles promedio de DQO altos, y valores de DBO_5 bajos, son característicos de baja contaminación orgánica ($<2 \text{ mg/L}$ – Unesco, 1996) situación que puede indicar que al río están llegando sustancias oxidables de tipo inorgánico que aumentan la concentración de DQO en éste y pueden incidir en el nivel de riesgo químico presente en el río (Torres et al, 2010), por esta razón se recomienda realizar determinaciones de DBO_5 en todo el cauce.

Minerales

En la *figura 5* muestra el comportamiento del calcio, magnesio, manganeso, hierro, potasio y zinc en los distintos puntos de muestreo durante los meses analizados.

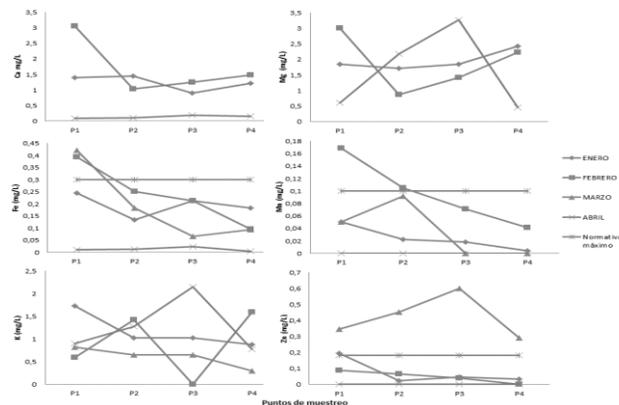


Figura 5

Distribución temporal (meses) y espacial (puntos de muestreo) del Ca, Mg, Fe, Mn, K y Zn

Fuente: Autores

Calcio

No se encuentra definido un límite máximo permisible en la normativa ecuatoriana para este parámetro. En la *Figura 5* se observa que en el P1 el calcio es superior que, en los otros puntos de muestreo, con mayor

concentración en el mes de febrero y menor concentración en abril, con un valor medio de este indicador de 1.02 mg/L (DE 0.85 mg/L).

Bellino (2012), refiere que el alto contenido de calcio se debe al origen subterráneo y bajo caudal que tiene el agua, debido a las sales que contiene el suelo, las cuales reducen su concentración por el aumento del caudal. Para validar esta teoría es necesario realizar un análisis en los suelos cercanos a la vertiente.

Magnesio

En el Real Decreto 849/1986 se establece como límite máximo permisible 1 ppm para el Mg, por lo tanto, la mayoría de los resultados obtenidos están por encima de esta normativa.

Se obtuvo el mayor resultado en el P3 (3.27mg/L) y el menor en el P4 (0.45 mg/L) del mismo mes de abril. El valor medio de este indicador fue 1.81 mg/L (DE 0.89 mg/L, LI 1.36 mg/L) que también se encuentra por encima de lo establecido en el Real Decreto 849/1986 con ($p=0.0043$). El Mg no sigue una tendencia (Figura 5), lo cual puede tener relación con aspectos que no se consideró en esta investigación.

Hierro

La normativa ecuatoriana considera al Fe como un metal pesado, cuyo límite máximo permisible debe ser 0.3 mg/L. En la mayoría de los casos se cumple con el límite máximo establecido, solo en dos ocasiones los valores se encuentran por encima de la norma (Figura 5). Se obtuvo como valor máximo 0.4205 ppm y como valor mínimo 0.004 ppm, con un valor medio de 0.159 ppm (DE 0.13) que estadísticamente no tiene diferencias significativas ($p=0.9997$) con el normado.

En el P1 los niveles de hierro son mayores a los demás puntos, luego tiende a bajar la concentración a medida que avanza por el cauce del río. La posible causa de este comportamiento puede ser que el río se origina en una vertiente subterránea, generalmente las aguas de origen subterráneo tienen altas concentraciones de hierro (Rivera & Ramírez) debido a que se produce arrastre del hierro que se encuentra en el suelo y este se va precipitando en el recorrido del cuerpo hídrico o se diluye por el aumento de caudal del río. Para validar esta teoría se debe realizar análisis del suelo donde se origina el río y del fango en los puntos siguientes. Por otra parte, Ruiz (2008) plantea que las altas concentraciones de Fe, Al y Mn hacen que los valores de acidez potencial sean elevados; correspondiéndose con los resultados alcanzados en este trabajo donde en el P1 se obtienen los valores más altos de Fe y los valores más bajos de pH.

Manganeso

En la normativa ecuatoriana establece como límite máximo permisible para el Mn 0.1 mg/L. Este parámetro presentó muchas variaciones en las mediciones, desde superar el límite máximo permisible en dos ocasiones a no ser detectable en seis ocasiones (Figura 5). El valor promedio resultó 0.062 mg/L (DE 0.05 mg/L) lo cual no incumple con la norma ($p=0.9816$).

Se puede observar que en la mayoría de los casos el P1 tiene mayor concentración de Mn y la concentración tiende a bajar a medida que avanza por el cauce del río. Rivera & Ramírez consideran que el Mn es un elemento común en las aguas de origen subterráneo alrededor del mundo. Además, en el mes de febrero se obtuvo la concentración mayor y en el mes de abril no se detectó el metal en el agua.

Haciendo una correlación entre el manganeso y el hierro en el mes de febrero tenemos una linealidad muy alta

con $R^2=0.9707$ ($y=0.4368x+0.0078$).

Potasio

La normativa ecuatoriana y la EPA no definen un límite máximo permisible para el potasio en aguas superficiales. La mayor concentración de K se presenta en el punto 3 durante el mes de abril (2.15 ppm) y, ausencia en el mes de febrero (0 ppm). El valor medio de este parámetro fue de 0.99 mg/L (DE 0.55 mg/L). Los meses de enero y marzo presentan el mismo comportamiento con respecto al K, pero este comportamiento difiere en los meses de febrero y abril (Figura 5), por lo tanto, no se puede decir que siguen una misma tendencia.

Zinc

Comparando con la normativa ecuatoriana, la concentración del metal fue en cinco ocasiones superior al límite máximo permisible establecido (0.18 mg/L) y en cinco ocasiones no se detectó el metal en el agua, por ende, la calidad del agua del río Pove en temporadas no es apta para la preservación de la vida acuática con respecto a este metal. El valor medio fue de 0.181mg/L (DE 0.2 mg/L) lo que no presenta diferencias significativas ($p=0.4937$) lo que puede decirse que se cumple con la normativa.

En la Figura 5 se observa que la mayor concentración de Zn se encuentra en los puntos 2 y 3, en todos los meses la concentración baja en el P4. Delgadillo, González, Prieto, Villagómez & Acevedo (2011) y Ruiz (2008) mencionan que las posibles causas de la disminución de la concentración son: aumento del caudal y dilución de la concentración, sedimentación de los metales, acumulación en el fango y la última posible causa es la fitorremediación debido a algunas especies de plantas que se encuentran sembradas en las zonas aledañas al río ayudan a fitorremediar aguas contaminadas.

El mes de mayor concentración fue el mes de marzo y el de menor concentración fue abril. El Zn es esencial para todos los organismos vivos, pero sus altas concentraciones son perjudiciales para los organismos en tempranas etapas de la vida, aunque no es tóxico para los mamíferos y las aves (National Irrigation Water Quality Program, 1996).

Coliformes Fecales

Según los datos obtenidos (Tabla 3), el río Pove se encuentra altamente contaminado por bacterias coliformes fecales. Estos resultados fueron comparados con la normativa ecuatoriana, en casi todos los casos la concentración de coliformes fecales excede drásticamente al límite máximo permisible establecido por el TUSLMA ($p=0.0135$).

Tabla 3
Resultados de Coliformes Fecales en los puntos de muestreo

Unidad	Coliformes Fecales				Normativa TUSLMA, Límite Máximo
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	
P1 NMP/100ml	7100	0	0	1600	200
P2 NMP/100ml	31600	2500	12800	4900	200
P3 NMP/100ml	25600	3200	>100000	12300	200
P4 NMP/100ml	12400	1000	>100000	6500	200

Fuente: Autores

Los resultados obtenidos indican que en el P1 la concentración de coliformes fecales es menor, luego va

aumentando hasta el P3 y baja en el P4. En el P1 (en el nacimiento del río) se encontró coliformes fecales en dos meses, y los otros dos meses no se encontró, lo que da a entender que en ocasiones se vierte al agua cargas contaminantes. En el P2 y P3 (zona céntrica) el río recibe las aguas residuales domésticas provenientes de las zonas aledañas al cauce del río, por ende, la carga de coliformes aumenta drásticamente y en el P4 (en las afueras de la ciudad) ocurre el proceso de autodepuración del agua. Rueda (s.f) refiere que cuando se elimina la fuente de contaminación el río empieza a recuperar su calidad del agua. Además, cerca al P4 existe una densa vegetación en el área de la ribera del río constituida fundamentalmente por pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), la cual actúa como planta fitoremediadora de la contaminación.

Haciendo comparación entre los meses, el mes de febrero presentó la concentración baja y el mes de marzo presentó la concentración más alta por encima de los 100000 nmp/100ml, es decir más de 500 veces el límite máximo permisible.

En los estudios de Rivera (2007) se obtuvieron valores promedios de 2.6×10^8 NMP/100ml donde los sitios de descarga con mayor densidad de población se observaron los mayores valores de coliformes mostrando resultados similares a este estudio.

Conclusiones

Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos indicaron que el río Pove presentó contaminación en los indicadores de: coliformes fecales, oxígeno disuelto y manganeso, los cuales no cumplen con los límites establecidos en la legislación ecuatoriana.

En el análisis de la variación espacial de los parámetros puede determinarse que el P3, es el punto más contaminante por causas antropogénicas y el P4 es el punto menos contaminante.

En el análisis temporal entre los meses analizados, el mes de febrero presentó mayores niveles de contaminación con respecto al oxígeno disuelto y manganeso y el mes de marzo con respecto a los coliformes fecales, zinc y hierro. En el mes de abril disminuyeron la mayoría de los indicadores.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración y asistencia en la elaboración del presente trabajo a: los estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental Daniel Villavicencio y Jipson Loaiza por la participación en este proyecto de investigación; a la Policía Nacional del Ecuador de la ciudad de Santo Domingo por el apoyo en la seguridad y protección del personal investigador; a la gerencia del Hotel Santo Domingo por facilitarnos el acceso a sus instalaciones para la toma de muestras.

Referencias

- Bauzá, L., Adrinolo, D., & Giannuzzi, L. (2012). *Efecto de tratamientos químicos en ensayos de laboratorios para la mitigación de ambientes lacustres eutrofizados*. Buenos Aires: 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM.
- Bellino, N. (2012). *Aguas Subterráneas Conocimiento y Explotación*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Calvo, G; Mora J ((2007) Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca del río Tarcoles y el Reventazon. *Revista tecnología en marcha*. Vol 20, pp. 2.

- Delgadillo, A. E., Gonzalez Ramírez, C. A., Prieto García, F., Villagomez Ibarra, J. R., & Acevedo Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Revista Cielo*. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002.
- Dimas, M., Garza, M. y Treviño, D. (2015). Índice de la calidad de agua y metales pesados del cauce aguas blancas del municipio de Acapulco Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias agrícolas*, vol. 1 pp. 113-118.
- El Diario. (2010). Huesos, químicos, aguas servidas y basura contaminan los ríos. *El Diario*. Recuperado de: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/167272-huesos-quimicos-aguas-servidas-y-basura-contaminan-los-rios/>.
- Isch, E. (2011). *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarlas*. Foro de los Recursos hidráulicos. Editorial CAMEREN. Quito-Ecuador.
- Junta de Andalucía. (2015). *Restauración de riberas*. Consejería del Medio Ambiente y Ordenación del territorio. Recuperado de: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca?vgnnextoid=10f8a3961428a210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=d142de0eb9dc5310VgnVCM2000000624e50aRCRD>.
- Lopez, S., Nevels, D., & Kading, T. (2011). *Análisis de la calidad del agua en las micro-cuencas de los ríos Pacayacu y Sacha en la Amazonía Ecuatoriana*. Washington: Universidad de Washington Bothell.
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., & García, M. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. *Higiene y Sanidad Ambiental*, pp. 72-84.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. (2015). *Real Decreto 849/1986*. Madrid: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. Quito: Registro Oficial.
- National Irrigation Water Quality Program. (1996). *Guidelines for Interpretation of the Biological Effects of Selected Constituents in Biota, Water and Sediments*. California: United States Department of the Interior.
- NTE INEN. (1998). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*. Quito: INEN. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_7_fig.pdf.
- Peña, E. (2007). *Oxígeno Disuelto (OD)*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Pérez, J. (2011). *Manual para determinar la calidad del agua para riego agrícola*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Recinto Universitario de Mayaguez - Universidad de Puerto Rico. (s.f.). *Parámetros Físico - Químicos: Salinidad*. Mayaguez: Universidad de Puerto Rico.

- Rivera, M. d., & Ramírez, A. (s.f.). *Remoción de Hierro y Manganeso en Fuentes de Agua Subterránea para Abastecimiento Público*. En A. Fernández Cirelli, Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domesticas Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. pp. 37-54.
- Rivera, N.R, Encina, F., Muñoz-Pedrerros, A. y Mejías, P. (2004). La calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. *Revista Información tecnológica. Vol. 15 No. 5. La serena*. pp. 89-101. Versión on-line ISSN 0718-0764.
- Rivera, R et al (2007). Contaminación por coliformes y helmintos en los Ríos Texoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de La Cuenca del Valle de México. *Revista Intern. Contaminación Ambiental*.
- Rueda, F. J. (s.f.). *Autodepuración y vertidos en cursos fluviales*. Universidad de Granada. Recuperado de: http://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/Tema_AD2DOC.pdf.
- Ruiz, C. (2008). *La calidad del agua de los ríos Tinto y Odiel. Evolución temporal y factores condicionantes de la movilidad de los metales*. Departamento de geología, Facultad de Ciencias experimentales, Universidad de Huelva, Huelva. España.
- Russell, D. 2012. *Tratamiento de aguas Residuales. Enfoque práctico*. Edición española Barcelona: Reverté.
- Sela, G. (2016). *Calidad del agua de riego. Gestión de fertilizantes*. Recuperado de: <http://www.smartfertilizer.com/es/articulos/irrigation-water-quality>.
- Toro et al, M. (2002). *Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico químicas*. Asociación española de limnología, Madrid, España. ISSN: 0213-8409.
- Torres, P., Carrillo, H., Patiño, P., Escobar, J.C. y Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua-ICA orientdos al uso del fueete para consumo humano. *Revista Ingeniería e investigación vo. 20 No. 2. Diciembre*. pp. 86-95.

Evaluación de los impactos al recurso agua derivados de la operación de una central termoeléctrica “Termogas Machala”

Wilmer Galarza Mora

Facultad de Ciencias Naturales

gmexpert@hotmail.com

ing.gonzalogalarza.msc@gmail.com

Resumen

Esta investigación se desarrolló desde el año 2012 al 2015. Para evaluar los impactos al recurso agua derivados de la operación de la TGM, se determinaron i) los parámetros físico-químicos del agua de descarga: Temperatura, pH, DQO, SST; ii) la concentración de contaminantes químicos: HTP, AyG, MP, Sulfuros y Fenoles; y iii) contaminantes biológicos: (CT) y (CF), para compararlos con los LMP de descarga desde centrales termoeléctricas (2007) y las normas generales para descarga de ARD e industriales TULSMA (2015) y evidenciar si existe contaminación al cuerpo receptor de agua marina. En las aguas de descarga, los parámetros físico-químicos se encontraron dentro de los LMP, al igual que los contaminantes químicos. No se detectaron metales pesados, Cu, Cr⁺⁶, Pb ni Zn. Se observó contaminación de tipo biológica por CF en el año 2015 donde se registraron valores máximos en el LMP de 2000 NMP/100 mL. Finalmente se realizó un análisis de componentes principales y una correlación de Pearson donde se observó correlación entre HTP y AyG ($r=0,673$; $p=0,000$); CT y CF ($r=0,885$; $p=0,000$) y SST vs DQO ($r=0,791$; $p=0,000$). Se concluye que la contaminación química como biológica del sector procede de fuentes externas a este proceso industrial de generación eléctrica.

Palabras claves: Contaminación, factores físico - químicos y biológicos.

Abstract

This research was developed from the year 2012 to 2015. To assess the impacts to water resources derived from the operation of the TGM, were determined (i) The physical and chemical parameters of the water discharged: Temperature, pH, COD, OSH; (ii) the concentration of chemical contaminants: HTP, AyG, MP, sulfides, and Phenols; and (iii) biological contaminants: (CT) and (CF), for comparison with the LMP download from thermoelectric plants (2007), and the general rules for download of ARD and industrial TULSMA (2015) and to demonstrate if there is contamination to the receiving body of water. In the waters of download, physical-chemical parameters were within the LMP, as well as chemical contaminants. Heavy metals were detected, Cu, Cr⁺⁶, Pb and Zn. It was observed biological type of contamination by CF in the year 2015 where maximum values were recorded in the LMP of 2000 MPN/100 mL. Finally, an analysis of principal components and a Pearson correlation where correlation was observed between HTP and AyG ($r=0.673$; $p=0.000$); CT and CF ($r=0.885$; $p=0.000$) and SST vs COD ($r=0.791$; $p=0.000$). It is concluded that the chemical and biological contamination of the sector comes from sources external to this industrial process of power generation.

Keywords: Pollution, factors physical - chemical and biological.

Introducción

La energía eléctrica es considerada como un elemento fundamental para el desarrollo y crecimiento de la producción, distribución, consumo de bienes y los servicios que se requieren para satisfacer las necesidades de

los pueblos a nivel mundial, pero no es solo la energía en sí misma la que posee un valor para los ciudadanos sino los servicios que esta presta (Rogner & Popescu citado por Castro, 2011). Una de las formas de obtener esta energía es mediante el uso de centrales Termoeléctricas, las cuales son instalaciones empleadas para la producción de energía eléctrica mediante el uso de calor, el cual es generado por la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados como son el diésel y fueloil).

La potencia nacional de generación eléctrica instalada en el Ecuador está constituida por el 56% de origen térmico, compuesta a su vez del 27 % térmica - motor de combustión interna “MCI”, 18% térmica turbo-gas, 11% térmica turbo-vapor; el 42% de fuentes hidráulicas; el 0,5% de naturaleza solar y el 0,4% eólica. De los combustibles fósiles, los más utilizados son el fueloil con un 40,8%, el gas natural con un 20,3%, diésel con 19,9%, petróleo con 8,5%; bagazo de caña con un 6%, residuo de fueloil con el 4% y un 0,5% de gas licuado de petróleo (GLP) (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

El grado de afectación al ambiente por parte de estos procesos industriales de generación termoeléctrica va ligado de forma directa al combustible empleado sea este carbón, líquidos (derivados del petróleo) o gaseosos como es el gas natural (Cárdenas, 2014). El presente trabajo busca evaluar la calidad de las aguas de descarga de los efluentes provenientes del proceso industrial de generación eléctrica de la central termoeléctrica a gas (GN) de 252 Mw de Celec Ep – Unidad de Negocio Termogas Machala.

Objetivo General

Evaluar los impactos de los efluentes procedentes de la operación de la Central Termoeléctrica a gas natural de 252 MW de Celec Ep - Unidad de Negocio Termogas Machala en la comuna de Bajo Alto, parroquia Tendales (El Guabo - El Oro). A partir del año 2012 al 2015.

Objetivos Específicos

Determinar el impacto de la Central Termoeléctrica sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga (Temperatura, pH, DQO, SST).

Detectar contaminantes químicos (HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles), y biológicos (Coliformes Totales y C. Fecales) en los efluentes del proceso industrial de generación eléctrica.

Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de TGM.

Comparar los valores obtenidos con los Límites Máximos Permisibles de la norma ecuatoriana.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra situada en la región costera del Ecuador, la planta termoeléctrica (TGM) está ubicada en el Km 1 ½ Vía a Bajo Alto, en la parroquia Tendales, Cantón El Guabo, perteneciente a la Provincia de El Oro. Esta limita al norte con la planta de licuefacción de Gas Natural y al oeste con la planta deshidratadora de GN ambas operadas por la empresa pública Petroecuador Ep, al sur y al este con camaroneras y terrenos dedicados a actividades agrícolas. Se muestreó en los puntos de desagües o descarga ubicados a la salida de cada tratamiento, Tabla 1. Puntos M1, M2, M3 y M4. Las muestras de agua cruda se tomaron antes del ingreso al sistema, obtenidas de los dos pozos (A, B) ubicados en el área de la termoeléctrica TGM.

Tabla 1

Sitios de muestreo y coordenadas de ubicación

Puntos	Descripción	Coordenadas UTM-WGS84 17m	
		Este	Norte
Pozo A	Aguas Naturales	624470	9655436
Pozo B	Aguas Naturales	624726	9655442
M1	Aguas Residuales Domésticas (Planta de Tratamiento)	624528	9655447
M2	Aguas Residuales Industriales (Separador API)	624526	9655441
M3	Sistema de Tratamiento U-104 RO	624492	9655444
M4	Aguas hacia el Cuerpo Receptor.	624524	9655432

Fuente: (Galarza, 2016)

Diseño metodológico y metodología para la toma de muestras

Se realizaron monitoreos mensuales de las descargas de agua correspondientes al periodo 2012 al 2015. El programa de monitoreo fue un muestreo simple o puntual, siendo los sitios a muestrear los efluentes en los puntos (M1, M2, M3 y M4), correspondientes a los procesos de tratamiento del agua. Las aguas naturales de los pozos A y B fueron monitorizadas los meses de octubre y noviembre del 2012, marzo y julio del 2013, mayo y julio del 2014.

Las muestras fueron colectadas en los cuatro puntos identificados en la planta termoeléctrica TGM, desde el mes de octubre del 2012 a noviembre del 2015 comprendiendo un total de 38 meses (invierno y verano). Aplicando para ello el protocolo NTE INEN 2176:98/2169:98, que se refiere a la toma de muestra simple o puntual la que representa la composición del efluente para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las cuales se realizó su captación, reflejándose de esta forma las condiciones del sistema de tratamiento en un espacio de tiempo concreto (INEN 2176, 1998). Las muestras fueron etiquetadas de acuerdo al parámetro analizar y la referencia del lugar muestreado elaborando para ello una bitácora de muestreo (INEN 2169, 1998).

Los valores de temperatura y el pH se tomaron *in situ*, mediante el uso de un equipo de medición de multiparámetro modelo HQ40D. Las muestras de aguas naturales correspondientes a los pozos A y B se obtuvieron de forma manual del dispositivo para dicho efecto ubicado en el punto de succión. Las muestras fueron etiquetadas y rotuladas. Las muestras de agua para el análisis de SST y la DQO fueron colectadas en una jarra de polietileno y luego se colocó en frascos plásticos resistentes, enjuagándose el envase dos veces con el agua de la muestra, y se cerró herméticamente el frasco para evitar la evaporación, para ser analizados en el laboratorio antes de transcurridas 24 horas.

Se usaron envases de vidrio previamente lavados con Hexano (C_6H_{14}) para el análisis AyG e HTP para coleccionar las muestras de agua e inmediatamente después de recogidas se les adicionó un agente de extracción HCl en proporción 1+1 y 5 ml/L y conservándolas a una temperatura entre 2°C y 5°C. Siendo analizadas en un tiempo máximo de 24 horas en el laboratorio. Las muestras de agua para el análisis de Fenoles se conservaron a una temperatura entre 2°C y 5°C, la extracción se realizó en las primeras 24 horas luego de ser recogidas, en el laboratorio.

Se llenó el recipiente por completo y alcalinizó la muestra de agua con NaOH a un pH > 9, para la detección de Sulfuros. Se empleó el mismo procedimiento de recolección al utilizado para SST y DQO, siendo enviadas de inmediato al laboratorio para su extracción en las primeras 24 horas. Las muestras de agua para realizar el análisis de metales pesados: Cu, Zn y Pb; fueron colectadas en un volumen de 200 mL y estabilizaron a un pH < 2, mediante la adición de 1 mL de HNO₃ concentrado; manteniéndolas a temperatura ambiente hasta su

análisis por Espectrofotometría de Absorción Atómica en el laboratorio.

Para el análisis de Cr^{+6} en agua de efluente la muestra se refrigeró a una temperatura de 2 °C a 5 °C. Las muestras de agua para los análisis de CT y CF, fueron colectadas en un volumen de 250 mL en envases de plástico resistente (estériles), previamente preparados con Tiosulfato de Sodio (0.1 cm³ de una solución al 10 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ por cada 125 cm³ de muestra) en su interior antes de su esterilización, pues las aguas a muestrear fueron clorinadas (Puntos M2 y M4). Se mantuvieron a una temperatura entre 2 °C a 5 °C previo a su traslado al laboratorio.

Métodos de análisis estadístico

Se generó una matriz de datos por año y mes para cada una de las variables (parámetros) utilizando el programa Excel 2013 y se aplicó un análisis estadístico descriptivo obteniéndose las medias, la desviación estándar y los valores mínimos y máximos para cada parámetro. Para determinar la normalidad de los datos se utilizó el test de Anderson-Darling y para verificar la homocedasticidad se empleó un test de Levene. Se realizó un análisis de varianza (Anova de una vía) y test a Posteriori de Tukey ($p < 0,05$) para comparar los parámetros (Temperatura, pH, DQO, SST, HTP, AyG, Cr^{+6} , Cu, Zn, Pb, Sulfuros, Fenoles, CT y CF) entre los puntos de monitoreo (M1, M2, M3 y M4) y años (2012, 2013, 2014 y 2015). Para evidenciar si existía relación entre las variables se aplicó un análisis de componentes principales, y un Dendrograma de Correlación de Pearson. Las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa MINITAB versión 17.0.

Para determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de la termoeléctrica TGM, se realizó una matriz en Excel 2013 con los valores obtenidos de CT y CF de los pozos A y B, relacionándolos con los puntos de muestreo M0 (relativo al agua residual doméstica previa al ingreso de la PTAR), M1, M2, M3, M4, y los puntos de toma de muestras ubicados a 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del lugar de descarga o difusión del emisario submarino hacia el cuerpo receptor, el mar. Estos datos fueron analizados con el programa graficador ORIGIN PRO 8.0.

Resultados

Impactos de la termoeléctrica sobre los parámetros físico-químicos

La temperatura no presentó diferencias significativas entre los años 2012 al 2015 para ninguno de los puntos de muestreo y no sobrepasó los 35 °C que representa el LMP según el Acuerdo Ministerial 097A TULSMA (2015). El pH para todos los puntos de muestreo se conservó en el rango de 6 a 9 unidades sugerido por el TULSMA. En el punto M1 no hubo diferencias en el pH a través de los años, pero se evidenció un valor atípico para el año 2015 donde se registró un valor mínimo de 5,7. Al igual que en el punto M1 en el punto M2 no se apreció diferencias entre los años 2012 a 2014, pero hubo un registro de pH de 6,6 para el año 2015. Por otro lado, en los puntos M3 y M4 se detectaron variaciones interanuales. En M3 y M4 se observó el valor mínimo de pH de $7,46 \pm 0,42$ en el año 2014 y un valor máximo de $7,94 \pm 0,29$ en el año 2015 ($F=4,47$; $p=0,009$). Comparativamente, los puntos M1 y M2 no presentaron diferencias significativas y varían con respecto a los puntos M3 y M4 que mostraron los mismos valores ($F=11,46$; $p=0,000$).

La Demanda Química de Oxígeno no presentó diferencias interanuales para ninguno de los puntos de muestreo y tampoco supero el LMP de 600 mg/L sugerido en el Acuerdo Ministerial 097A para Termoelectricas. El DQO se mantuvo en el rango 82,30 a 105,33 mg/L.

Los SST no superaron los LMP de 250 mg/L. Tampoco presentaron diferencias interanuales para los puntos M1-M3, sin embargo, en M4 hubo diferencias. Es importante destacar que para el punto M4 del año 2012 a 2014 no hubo presencia de SST y en el año 2015 presentó una concentración de $5,82 \pm 7,17$ mg/L. Según el análisis de varianza los puntos M1 y M2 no presentaron diferencias significativas, pero se distinguieron de los puntos M3 y M4 ($F=10,32$; $p=0,000$). La media total para los SST por puntos fue la siguiente: $22,03 \pm 18,40$ mg/L (M1), $17,08 \pm 32,63$ mg/L (M2), $4,18 \pm 2,72$ mg/L (M3) y $1,68 \pm 4,58$ mg/L (M4).

Impactos de la termoelectrica sobre los contaminantes

Los valores de HTP se encontraron dentro de los LMP (20 mg/L) y no presentaron diferencias interanuales para los puntos de muestreo ($p < 0,05$). Por otro lado, entre los puntos de muestreo hubo diferencias presentándose la mayor concentración de HTP en M2 = $2,59 \pm 5,08$ mg/L, y la menor concentración en M3 = $0,88 \pm 0,79$ mg/L ($F=2,82$ $p=0,041$). Sin embargo, en el punto de muestreo M2 en el año 2013 hubo un valor por encima del LMP de 25,90 mg/L y en el 2014 un valor elevado sobre la media de 12,80 mg/L, pero bajo el LMP de 20 mg/L.

Los Aceites y Grasas se manifestaron bajo los LMP (30 mg/L). Al igual que el HTP no presentaron diferencias entre los distintos años. Pero si se detectaron diferencias entre los puntos de muestreos con un valor máximo de $6,84 \pm 17,41$ mg/L en M2, y un valor mínimo de $1,10 \pm 1,10$ mg/L en M3 ($F=3,62$; $p=0,015$). Sin embargo, en M2 en el año 2013 hubo un pico elevado de concentración de Aceites y Grasas de 75,30 mg/L y en 2014 34,40 mg/L, superando ambos los LMP. Lo que indica un mal funcionamiento del sistema separador API (American Petroleum Institute), el que puntualmente (años 2013 y 2014) incidió en contaminar el efluente final de descarga hacia el cuerpo receptor de agua marina.

Los Fenoles no presentaron diferencias interanuales ni entre puntos de muestreo. En promedio se encontraron en el rango 0,06-0,09 mg/L por debajo del LMP 0,2 mg/L. No existiendo indicio de contaminación por compuestos fenólicos en ninguno de los tratamientos por año del recurso agua en TGM. En cuanto a la concentración de Sulfuros, no se evidenciaron diferencias significativas entre los distintos puntos de muestreo y los valores se presentaron en el rango (0,01-0,03) por debajo del LMP (0,5 mg/L). El Punto M1 mostró diferencias entre los años 2012 y 2015 con valores de Sulfuros de $0,015 \pm 0,004$ mg/L y $0,030 \pm 0,011$ mg/L, respectivamente ($F=4,29$; $p=0,011$); lo que indica una contaminación del sistema de aguas residuales domésticas con el de aguas industriales para los años evaluados (2012 y 2015). Los puntos M2, M3 y M4 no presentaron variaciones interanuales.

La contaminación de origen biológica si fue significativa ya que superó los LMP de 2000 NMP/100, Figura 1. El punto M1 presentó un valor mínimo de 0 y máximo de 16×10^6 NMP/100 mL con un promedio de 15333 ± 16623 NMP/100 mL de CT. Por otro lado, en M2 se registraron valores de Coliformes de $0 - 54 \times 10^5$ NMP/100 mL con un promedio 533500 ± 923616 NMP/100 mL. En el punto M3 se registraron valores de $0 - 47 \times 10^4$ con un promedio 39215 ± 135662 NMP/100 mL. En el punto M4 se observaron valores de $0 - 78 \times 10^3$ con un promedio 7193 ± 23485 NMP/100 ML, Figura 1 A. Las CF superaron los LMP de 2000 NMP/100 mL solo para los puntos M1, M2 y M3. Con valores promedio de 10000 - 1385171 NMP/100 mL (M1), 64 - 23379 NMP/100 mL (M2), 0,60 - 18335 NMP/100 mL (M3). En M1 se observó un valor atípico de 16×10^6 NMP/100

mL en el año 2014, Figura 1 B. El punto M4 que es el que corresponde a la salida hacia el mar no supera los LMP con valores promedio de 18,5-260 NMP/100 mL, mínimos y máximos de 0 y 2000 NMP/100 mL, respectivamente. El valor de 2000 NMP/100 mL corresponde al año 2015 donde se observaron todas las anomalías para los otros parámetros, Figura 1 B.

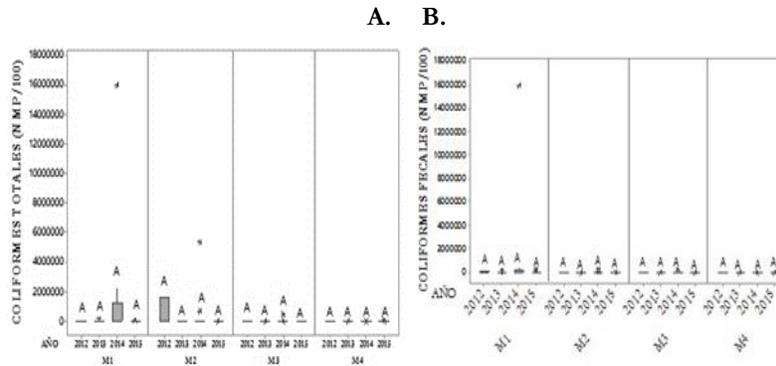


Figura 1

Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los Coliformes del agua de descarga:
 A. Totales y B. Fecales. M1: Efluentes/ARD (PTAR), M2: Efluentes/ARI (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor

Fuente: Autores

Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

Los metales pesados Cobre (Cu), Cromo Hexavalente (Cr^{+6}), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) no fueron detectados por el equipo en ninguno de los puntos de muestreo. Finalmente se realizó un análisis multivariado para observar si se encuentra relación entre los distintos parámetros. En el Dendrograma, se observa la similitud de los parámetros, HTP con Aceites y Grasas, Coliformes Totales (CT) con Coliformes Fecales (CF) y Sólidos Suspendedos Totales (SST) con Demanda Química de Oxígeno (DQO). Para confirmar dicha información se realizó un análisis de correlación de Pearson y se observó correlación entre HTP y AyG ($r=0,673$; $p=0,000$), CT vs CF ($r=0,885$; $p=0,000$) y SST vs DQO ($r=0,791$; $p=0,000$). De igual forma, el análisis de componentes principales mostró una correlación entre los HTP con Aceites y Grasas, CT con CF y SST con DQO.

Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de TGM

La planta termoeléctrica TGM utiliza para su proceso industrial de generación eléctrica agua natural extraída de dos pozos denominados A y B. Los valores de CT no superaron los LMP. Sin embargo, el pozo B el año 2014 en el mes de mayo presentó una concentración extremadamente alta de 1100000 NMP/100 mL de CT, además en ese mismo mes y año se observaron todas las anomalías de los otros puntos de muestreo, Figura 2. Se obtuvieron valores 1100000 NMP/100 mL de CT en todas las muestras de agua residual doméstica, antes de ingresar a la PTAR para ser tratada. El punto M1 contrario a lo que se esperaría, puesto que se obtiene luego que el efluente ha recibido tratamiento; aunque algunos meses presentó cero CT el mes de mayo del 2014 mostró 2200000 NMP/100 mL de CT, el punto M2 reveló 5400000 NMP/100 mL de CT y el punto M3 indicó 470000 NMP/100 mL, Figura 2. El punto M4 que se corresponde al efluente que se liberó al mar, en el mes de mayo del año 2014 mostró 2500 NMP/100 mL de CT, por encima del LMP.

En cuanto al análisis de las muestras de agua de mar tomadas aguas arriba y aguas abajo del punto de inmisión del emisario submarino, estas no superaron los LMP, presentando promedios entre 45 y 130 NMP/100 de CT mL aguas arriba y de 23 y 45 NMP/100 mL de CT aguas abajo, *Figura 2*.

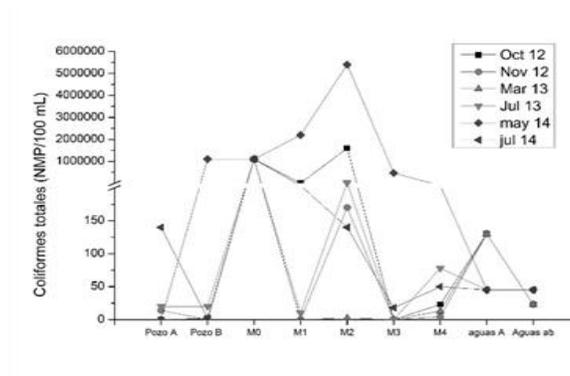


Figura 2

CT presentes en las diferentes fases de tratamiento del recurso agua: Aguas crudas (Pozo A y Pozo B), M0: ARD previa al ingreso a la PTAR, M1: Efluentes/ARD (PTAR), M2: Efluentes/ARI (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Aguas arriba. Aguas abajo.

Fuente: Autores

Discusión

Algunos estudios sugieren que la termoeléctrica Termogas Machala-Celec Ep (TGM) al descargar sus aguas residuales, están contaminando la zona de playa y el medio marino costero cercano a la comuna de Bajo Alto, ubicada en la parroquia Tendales, cantón de El Guabo, provincia de El Oro (Ministerio del ambiente, 2009; Gavilanes, 2015). Según la investigación de Barriga, 2010 la zona presenta evidencias de contaminación; en este trabajo se demuestra que no proviene de la empresa de generación eléctrica. Para realizar la comparación de los resultados de este estudio, los datos obtenidos se agruparon en dos grupos, el primero concerniente a los impactos de las termoeléctricas TGM (Gas Natural) y Termoguayas Generation S.A. (TGSA-Fueloil 6) sobre los parámetros físico-químicos (T° , pH, DQO, SST) del agua de descarga y el segundo sobre la detección de contaminantes químicos (HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles), y biológicos (CT y CF) en los efluentes de descarga del proceso industrial de generación eléctrica: Aguas residuales domésticas (ARD), residuales industriales de enfriamiento (ARE) y de cubeto de retención (ARC), a fin de ser comparados con los LMP indicados por la Autoridad Ambiental competente (MAE). Alcanzando los siguientes resultados.

Impactos sobre los parámetros físico-químicos (T° , pH, DQO, SST)

En cuanto a la temperatura del agua durante el proceso industrial de generación de la termoeléctrica TGM no presentó ningún tipo de variación, manteniéndose dentro del LMP según el Acuerdo Ministerial 097A TULSMA (2015) al igual que la termoeléctrica TGSA, que, aunque utiliza agua del Río Guayas para su sistema de enfriamiento, conserva la temperatura por debajo del LMP (SAMBITO. AA2, 2011). Por otro lado, el pH para todos los puntos de muestreo de la termoeléctrica TGM se mantuvo bajo el LMP sugerido por el TULSMA para todos los años de muestreo. TGSA conserva el pH a lo largo de los años 2011 a 2014, dentro de los LMP. La DQO resultante de analizar los efluentes de los procesos industriales de la termoeléctrica TGM no estuvo por sobre el LMP sugerido por Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, a diferencia de los efluentes de la termoeléctrica TGSA que se encuentran sobre los LMP. Los SST de la planta de generación TGM, no superaron los LMP sugeridos por el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Por el contrario, los SST de la termoeléctrica TGSA

estuvieron por encima de los LMP, para los años 2012, 2013 y muy por sobre norma en el caso del agua industrial de enfriamiento (Moreno, 2015).

Detección de contaminantes químicos (HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles) y biológicos (Coliformes Totales y Fecales)

Los valores de HTP en TGM se presentaron dentro de los LMP (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015). De igual manera, en TGSA, los HTP se mantienen bajo los LMP con relación al agua residual industrial de enfriamiento y de cubeto (Moreno, 2015). Aceites y Grasas se detectaron bajo el LMP en la termoeléctrica TGM. Al igual que HTP estos no presentaron diferencias entre diferentes años. TGSA, para el ARD presentó valores que estuvieron bajo el LMP para todos los años de muestreo. Por otro lado, en TGM, no se detectaron metales pesados, Cu, Cr⁺⁶, Pb y Zn por lo que sus valores se encuentran por debajo de los límites detectables del equipo y por ende dentro de los LMP presentados en la Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Termoeléctricas, Anexo 1A, R.O. No. 41, (Registro Oficial del Ecuador, 2007).

Por otro lado, la termoeléctrica TGSA presentó valores bajo los LMP para el Cromo Total, Plomo y Zinc; mientras el Cobre superó el LMP establecido en la norma del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Los Sulfuros y Fenoles en la termoeléctrica TGM se presentaron en valores por debajo del LMP. La planta TGSA presentó valores por encima de los LMP, tanto para Sulfuros como Fenoles según la norma del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Se presentó contaminación de origen biológico por CT y CF en los procesos de generación de TGM con un valor puntual en el año 2015, además en ese mismo año se observaron todas las anomalías para los otros parámetros medidos indicando fallos en los sistemas de depuración. Pero los datos del punto de muestreo correspondiente al efluente hacia el emisario submarino estuvieron bajo los LMP del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Por el contrario, los contaminantes biológicos originados de los procesos de generación de TGSA superaron los LMP en todos los años medidos (Moreno, 2015).

Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales

El sistema de tratamiento para recolectar y tratar las ARD en la termoeléctrica TGM, fue diseñado para 50 personas que produzcan un flujo de aguas crudas de 50 galones (189,27 litros) por individuo promedio/día, para un periodo de retención hidráulica mínimo de 20 horas. Según el análisis de los resultados obtenidos sobre la presencia de los CT en el recurso agua durante todo el proceso de generación de electricidad por parte de la termoeléctrica desde su extracción de los pozos hasta su descarga a un cuerpo de agua marina. Se presentaron anomalías en el mes de mayo del 2014, coincidiendo con una marcada contaminación con C. Totales del acuífero correspondiente al pozo B y el incremento de personal de hasta 180 trabajadores dentro de las instalaciones de la termoeléctrica. Se realizaron análisis puntuales de CT y CF de otros 4 pozos subterráneos con profundidades desde los 50 m. hasta los 165 m. encontrando contaminación por CT en uno de ellos, ubicado a aproximadamente 167 m. del pozo B de TGM, (GSA-TGM, 2013).

Se empleó una reingeniería al proceso de tratamiento de ARD con la aplicación en primer lugar de un procedimiento de recirculación del efluente entre el 35 % al 45 % entre la PTAR y el depósito TK-109, permitiendo así, reducir la carga orgánica que es enviada al sistema de lodos activados una vez estabilizado el pH en el tanque de equalización (TK-109), (Yabroudi, Almarza, Pedrique, Cárdenas, & Herrera, 2009). En segundo lugar, se construyó dos reactores de primera generación (tanque séptico), para lograr una mayor eficiencia del tratamiento primario aplicado a las ARD en el área de ingreso a la planta (garita) y en área de las

TM-2500, además de repotenciar el tanque séptico del área del comedor, servicios generales y médico (CEPIS, 2003).

Se procedió a instalar sistemas de bombeo y tuberías nuevas de los reactores de primera y segunda generación interconectados a la PTAR, procurando que los tiempos de retención hidráulica sean mayores para una mejor eficiencia del tratamiento anaerobio. Los valores obtenidos de CT y CF en el punto de descarga de los efluentes (emisario submarino), tanto a 100 m. aguas arriba como a 100 m. aguas abajo del punto de emisión de la tubería, se mantienen muy por debajo el LMP de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI. Sobre los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Conclusiones

Esta investigación determinó que la operación de la Central Termoeléctrica Termogas Machala, no alteró los parámetros físico-químicos (Temperatura, pH, DQO, SST) del agua de descarga del proceso industrial de generación eléctrica y se concluye que no ocasiona contaminación de las aguas del cuerpo receptor. Tampoco se detectó contaminación de tipo químico (HTP, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles, Aceites y Grasas), ya que los valores se encuentran por debajo de los LMP de la norma ecuatoriana. La contaminación de origen biológica con relación a los C. Totales y C. Fecales, si fue significativa porque superó el LMP para los puntos de muestreo M1, M2 y M3. Se revela corrupción de los acuíferos desde donde es tomado el recurso agua, existiendo cierta tendencia de polución de la Cuenca Hidrológica por parte de las aguas superficiales afectadas por componentes antropogénicos, como son las actividades agrícolas y ganaderas. Sin embargo, en el punto M4 de descarga al mar no se excedieron los LMP de CT y CF.

Por lo tanto, la biota marina no es afectada puesto que no se superó el LMP de la norma ecuatoriana para, descargas a un cuerpo de agua marina desde centrales termoeléctricas y para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, en aguas marinas y de estuario; establecidos en 200 NMP/100 mL para C. Fecales, según el libro VI sobre la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Al evaluar la calidad del agua vertida al cuerpo receptor se concluye que la termoeléctrica no está contaminando el cuerpo de agua marina adyacente a la planta termoeléctrica, por lo que posiblemente la contaminación tanto química como biológica en la zona, procede de fuentes externas a este proceso industrial de generación eléctrica.

Recomendaciones

En el presente trabajo se evidenció un irregular funcionamiento del sistema de tratamiento de afluentes al interior de la planta de termogeneración, por lo que se recomienda realizar un mantenimiento y repotenciación total del mismo, además de mejorar el método de cloración del proceso M4 (descarga al efluente marino), que evitaría descargas de C. Totales y C. Fecales al cuerpo de agua marino receptor.

La Termoeléctrica TGM, dispone del monitoreo ambiental mensual de los efluentes descargados desde la central. Sin embargo, se observa que las muestras tomadas son colectadas de forma puntual (muestras simples), por lo que se recomienda se aplique el muestreo compuesto de seis horas, el cual, es el requerido por la Normativa Ambiental vigente (Art. 4.4.2.3. del Anexo 1A del Libro VI del TULSMA. A.M. 155, R.O. 41 del 14 de marzo de 2007), además de monitorear las aguas del cuerpo marino receptor (el mar) donde se encuentra el punto de evacuación del emisario submarino puesto que dicho emisario es compartido con la planta deshidratadora de Gas Natural perteneciente a Petroecuador Ep.

Por otro lado, se sugiere continuar el proceso de investigación sobre los impactos al ambiente por parte de otros modelos de termogeneración eléctrica y profundizar en las fuentes de contaminación por metales pesados y demás factores físico, químicos y biológicos que alteran el equilibrio de la zona marítimo costera inmediatamente más cercana a las mismas, como es el caso de las cuencas hidrográficas implicadas lo cual permitirá localizar los puntos de origen de polución para así tomar las medidas adecuadas a fin de mitigar el impacto que estos contaminantes causan al ambiente.

Se recomienda realizar estudios de contaminación de las aguas subterráneas de toda la Cuenca Hidrológica del Río Pagua, al existir indicios de contaminación por C. Totales y C. Fecales. También se sugiere al G.A.D de El Guabo, implemente un sistema adecuado de tratamiento de las aguas residuales domésticas de las comunas de Bajo Alto y La Puntilla, para así disminuir la carga de contaminantes microbiológicos antes de ser descargados al cuerpo de agua marina.

Agradecimientos

El autor agradece a las autoridades y personal académico de la Universidad de Guayaquil, en la Facultad de Ciencias Naturales, de manera especial a su Decana Dra. Carmita Bonifaz de Elao MSc., al Blgo. Telmo Escobar Troya MSc. Director de la Maestría en Ciencias: Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente; a la Ing. Fabiola Miranda Vásquez, por liderar y forjar el proceso de formación profesional. A la Dra. Beatriz Margarita Pernía Santos, tutora de este trabajo de investigación por su tiempo y conocimiento en el análisis de la información obtenida para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Referencias

- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). *Contaminantes*. Recuperado de: http://gis.uazuay.edu.ec/ide2015/links_doc_contaminantes/Registro%20Oficial%20387%20-%20AM%20140.pdf.
- Acuerdo Ministerial Nro. 155. (2007). *Normas Técnicas Ambientales*. Recuperado de: http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Registro%20Oficial%20Normas%20Tecnicas%20Ambientales.pdf.
- Barriga, A. (2010). Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Acuicola. *Determinación de los Índices de Contaminación por Metales Pesados (Plomo y Cadmio) en Aguas del Perfil Costero de la Parroquia Bajo Alto en el Cantón El Guabo*. El Oro, Ecuador.
- Castro. (2011). *Matriz energética de Ecuador*. Recuperado de: http://www.amazonia-andina.org/sites/default/files/matriz_energetica_ecuador.pdf.
- Cárdenas. (2014). <http://dspace.ucuenca.edu.ec>. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20908>.
- Cepis. (2003). *Tanque Séptico*. Recuperado de: http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnologia/documentos/sanea/etTanque_septico.pdf.
- Espinoza, C. (2014). *Incidencia de la Contaminación Orgánica y de metales Pesados sobre la Biodiversidad Marino Costera del Sitio Costa Rica*. Machala, El Oro, Ecuador.
- Galarza, W. (2016). *Informe de Gestión Social y Ambiental, Termogas Machala-Celec Ep*. Termogas Machala-Celec Ep, G.S.A, Bajo Alto, parroquia Tendales, Canton de El Guabo, prov. de El Oro.

- Gavilanez, A. (2015). *Repositorio Trabajo Completo*. Recuperado de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3792/1/CD00278-2015-Trabajo%20Completo.pdf>.
- Gsa-Tgm. (2013). *Análisis físico químicos de aguas naturales subterráneas*. Machala. Recuperado de: [https://law.resour ce.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf](https://law.resour.ce.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf).
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *www.sectoresestrategicos.gob.ec*. Recuperado de: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Resumen-Balanced-Energie%CC%81tico-20151.pdf>.
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Estudio final zonificación y Ordenamiento de la Zona Costera*. Recuperado de: <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/belen/Estudio%20Final%20Zonificacion%20y%20Ordenamiento%20zona%20costera.pdf>.
- Moreno, H. (2015). Auditoria Ambiental Interna. Cinco Barcazas de Termoguayas Generation S.A.150 Mw. *Termoguayas Generation S.A.* Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Registro Oficial del Ecuador. (2007). *Registro Oficial*. Recuperado de: <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2007/marzo/code/18854/registro-oficial-14-de-marzo-del-2007>.
- Rogner, H.-H., & Popescu, A. (2000). *U. N. Programme*, Ed.. Recuperado de: <http://www.undp.org/content/dam/aplaws/publication/en/publications/environment-energy/www-ee-library/sustainable-energy/world-energy-assessment-energy-and-the-challenge-of-sustainability/World%20Energy%20Assessment-2000.pdf>.
- Sambito. AA2. (2011). *www.celec.gob.ec*. Recuperado de: https://www.celec.gob.ec/transselectric/images/stories/baners_home/AA/aa2_lt_esclusas_trinitaria.pdf.
- Yabroudi, S., Almarza, J., Pedrique, F., Cárdenas, C., & Herrera, L. (2009). Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001100004.

Análisis de la problemática de corrosión en pozos abandonados del oriente ecuatoriano y su monitoreo

Msc. Ing. Hermindo Patricio Ibarra Munizaga

Universidad Central del Ecuador

ibarra_patricio@yahoo.es

Resumen

La afectación que producen las instalaciones abandonadas de producción de petróleo, no ha sido ampliamente analizada, aspecto que ha ocasionado que las entidades que realizan el control, tanto en el área de hidrocarburos como en el área ambiental, no dispongan de esquemas metodológicos de trabajo para realizar estos controles. La etapa de cierre es una de las más críticas porque únicamente se está evaluando las condiciones en un instante de tiempo, pero no se proyecta acerca de los posibles problemas que van a causar las estructuras cerradas y abandonadas. Como consecuencia de la producción de hidrocarburos en la Amazonía Ecuatoriana, se ha generado pasivos ambientales que son complejos de resolver por su magnitud y alcance (Bravo E., 2007), en particular la existencia de contaminantes que han sido eliminados al ambiente o elementos que se encuentran presentes en el pozo, tanto en la parte superficial como subterránea (Velasco J., Guerrero J., 2014, y que constituyen un peligroso reservorio de desechos tóxicos, cuya eliminación sería sumamente compleja y costosa, produciendo adicionalmente un serio perjuicio económico, al restringir la posibilidad de recuperar petróleo en los pozos indicados, cuyo abandono se debe a diferentes causas (Velasco J., Guerrero J., 2014). En el presente caso se pretende realizar un análisis de la problemática de abandono de pozos de petróleo en el oriente ecuatoriano, que por distintas razones se han dejado de operar, significando la generación de un pasivo ambiental que debe ser cuidadosamente monitoreado, en particular las estructuras y facilidades de producción que se abandonan en el pozo, y que finalmente por procesos físico – químicos, biológicos o de otra índole, son componentes que se destruyen y podrían originar la fuga de contaminantes al entorno, tanto en la parte superficial como en profundidad, daño que actualmente no se ha podido cuantificar pero que finalmente será la causa de afectación y pérdidas en lo biótico, humano y material, y establecer lineamientos metodológicos para la estimación, localización y resolución de los problemas que se presenten, tanto en pozos cerrados como abandonados de la amazonia ecuatoriana.

Palabras claves: Pozos abandonados, pasivos ambientales, problemática de abandono de pozos, fuga de contaminantes, amazonia ecuatoriana, lineamientos metodológicos.

Abstract

The affectation that produce abandoned oil production facilities, has not been widely analysed, what has caused that entities that perform control, both in the area of hydrocarbons and in the environmental area, not have methodological schemes of work to carry out these controls. The stage of closing is an of them more critical because only is evaluating the conditions in a moment of time, but not is projected about them possible problems that van to cause them structures closed and abandoned. As consequence of it production of hydrocarbons in the Amazon Ecuatorian, is has generated passive environmental that are complex of resolve by its magnitude and scope (Bravo E., 2007), in particular the existence of contaminants that have been deleted to the environment or elements that is are present in the well, both in the part surface as underground (Velasco J.,Warrior J.) 2014, and which constitute a dangerous reservoir of toxic waste, whose elimination would be extremely complex and costly, producing serious economic damage, in addition to restricting the possibility of

recovering oil wells indicated, whose neglect is due to different causes (Velasco J., Guerrero j., 2014). In the present case is to perform an analysis of the problem of abandonment of oil wells in the oriente, which for different reasons have ceased to operate, meaning the generation of an environmental liability that must be carefully monitored, in particular structures and production facilities that are abandoned in the well, and finally by process physical - chemical biological or otherwise, are components that are destroyed and could cause leakage of contaminants into the environment, in depth, damage that currently not be has been quantified but that will eventually be the cause of affectation and biotic, human and material losses, both the superficial part and establish methodological guidelines for the estimation, localization and resolution of issues that arise both wells closed as abandoned in the Ecuadorian Amazon.

Keywords: Environmental passive, abandoned wells, problems of abandonment of wells, leakage of contaminants, Ecuadorian Amazonia, methodological guidelines.

Introducción

Entre las actividades que realiza el ser humano a través del uso de tecnologías con el propósito de satisfacer sus necesidades, reales o condicionadas, la industria petrolera es una de las que mayor afectación produce en todas sus fases: exploración, explotación, producción, industrialización y finalmente cierre, por lo que es indispensable crear un marco de referencia basado en el análisis específico de afectación zonal de la industria indicada, que permita de forma sistemática, establecer los lineamientos y procesos para lograr la prevención y/ o mitigación de los impactos.

Métodos y materiales

Para el presente desarrollo, se puede esquematizar en el siguiente diagrama que nos da una visión general de la metodología a seguir para resolver el problema planteado:

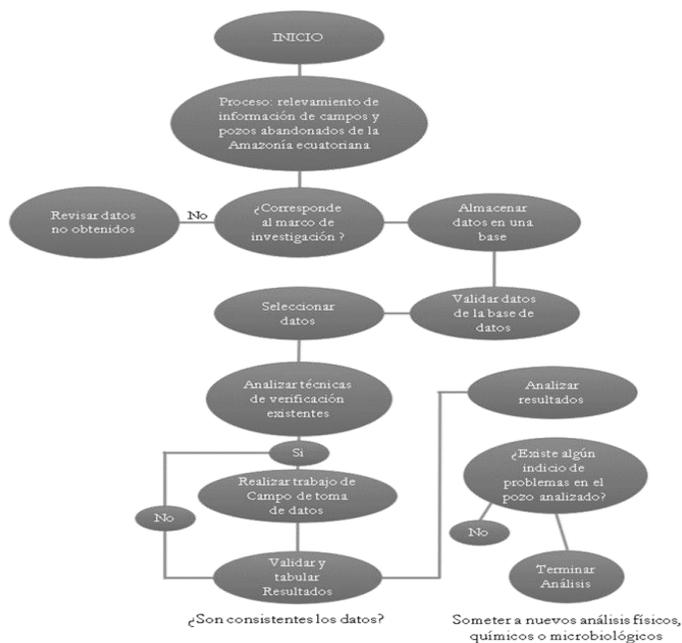


Diagrama 1

Procedimiento general de análisis de condiciones de pozos abandonados

Elab.: Ibarra P.

En el *Diagrama 1*, se observa la secuencia del proceso necesaria para verificar la información, definiéndose posteriormente métodos de análisis y técnicas que nos de indicios acerca de la condición de los pozos y particularmente, la existencia o no de fugas de fluidos o cualquier tipo de materiales nocivos al ambiente.

Para el efecto, se ha dividido el proceso en varias etapas, en función de las necesidades del proyecto, resumida en los siguientes pasos:

Caracterización de los pasivos ambientales y pérdidas económicas por la destrucción de la infraestructura petrolera:

Esta caracterización es importante para entender los procesos que se llevan a cabo en la etapa de producción y particularmente la de abandono. Como podemos observar, existen factores de diversas índoles que inciden en la calidad de la tubería, y en especial del “casing” o tubería de revestimiento, en el cual se debe garantizar que no se produzcan fugas nocivas al entorno cuando quede encofrado en el subsuelo.

A fin de determinar las condiciones de los pozos es necesario recurrir a las fuentes históricas de información de cada pozo, datos que deben ser proporcionados por la empresa o el organismo rector que en su momento intervinieron y que constituye la memoria técnica del pozo y/o del yacimiento.

En el presente caso se pretende realizar un análisis de la problemática de abandono de pozos de petróleo en el oriente ecuatoriano, que por distintas razones se han dejado de operar, significando la generación de un pasivo ambiental que debe ser cuidadosamente monitoreado, en particular las estructuras y facilidades de producción que se abandonan en el pozo, y que finalmente por procesos físico – químicos, biológicos, mecánicos o de otra índole, son elementos que se degradan o destruyen, originando la fuga de contaminantes al entorno, tanto en la parte superficial como en profundidad, daño que no se puede cuantificar pero que finalmente será la causa de afectación y pérdidas en lo biótico, humano y material. Esquematisado el proceso, y con el fin de caracterizar los tipos de corrosión en pozos de petróleo, se cita el siguiente cuadro para estas facilidades de producción, y las técnicas de monitoreo que se aplican en cada caso:

Cuadro 1

Problema	Causa de la corrosión	Métodos de control	Monitoreo
Corrosión por oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> • Agua oxigenada • Ataque interno • Ataque externo 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales resistentes • Secuestradores de oxígeno • Desorción de oxígeno • Diseño de sellos mejorado • Revestimientos • Protección catódica 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreo de agua y oxígeno • Niveles de hierro • Probetas de corrosión • Sensores de oxígeno • Análisis de cupones • Estudios de espesor de pared • Inspecciones visuales internas • Análisis visuales
Picaduras de corrosión por ácido sulfhídrico	<ul style="list-style-type: none"> • Agua de un acuífero de producción u otro acuífero profundo • Agua contaminada con gas de desorción o gas para levantamiento artificial 	<ul style="list-style-type: none"> • Degasificación a baja presión • Control del gas contaminado • Utilización de materiales resistentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Probetas • Niveles de hierro • Estudios de espesor de pared
Bacterias sulfato reductoras (SRB)	<ul style="list-style-type: none"> • Fluidos anaeróbicos • Fluidos estancados • Condiciones debajo de empujaciones u otros depósitos 	<ul style="list-style-type: none"> • Biocidas • Cloración 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuentos de bacterias anaeróbicas • Mediciones de residuos de cloro
Corrosión por dióxido de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Agua de un acuífero de producción u otro acuífero profundo • Agua contaminada con gas de desorción o gas para levantamiento artificial 	<ul style="list-style-type: none"> • Degasificación a baja presión • Control del gas contaminado • Utilización de materiales resistentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Probetas • Niveles de hierro • Estudios de espesor de pared
Fisuración por tensionamiento producida por ácido sulfhídrico Fisuración inducida por hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Fluidos producidos que contienen ácido sulfhídrico • Sistemas anaeróbicos contaminados con SRB 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales adecuados 	<ul style="list-style-type: none"> • Control de calidad de los materiales
Corrosión por ácido	<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos para tratamientos de estimulación y limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibidores de ácidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Controles de inhibidores de ácidos
Corrosión galvánica (bimetálica)	<ul style="list-style-type: none"> • Dos metales con diferentes potenciales iónicos en un medio corrosivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento eléctrico de metales (revestimiento catódico) • Diseño mejorado 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisiones de diseños
Corrosión por picadura (corrosión rápida en los defectos de las películas superficiales inertes)	<ul style="list-style-type: none"> • Inmersión • Películas superficiales inertes 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones de equipos
Corrosión por subdepósitos	<ul style="list-style-type: none"> • Depósitos de sólidos finados • Biopelículas • Empaqueaduras porosas 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza con diablo • Biocidas • Sellado y diseño mejorados • Diseño de velocidad mínima 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones de equipos • Recuentos de bacterias
Corrosión fisurante	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño pobre • Imperfecciones en el metal 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño mejorado • Selección de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontaje e inspecciones de equipos • Detectores de fugas
Corrosión por cloruros (fisuración rápida por exposición a medios con cloruros calientes)	<ul style="list-style-type: none"> • Solución salina • Oxígeno y calor 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones de equipos • Análisis de oxígeno
Fatiga	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo rotativo • Carga inducida por oleaje, vientos o corrientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño contra vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones de equipos

Fuente: (Schlumberger, Oilfield Review, Vol.25 No. 3, 2016)

Análisis de la posibilidad de recuperación de producción de pozos abandonados y su reacondicionamiento con otras técnicas (Cóndor J., Vaca A. 2016)

Para el efecto, los autores han diseñado la siguiente estrategia:

- “Selección de pozos idóneos a ser rehabilitados entre todos los pozos inactivos existentes en el Campo Alfa.
- Análisis histórico de pozos, historial de reacondicionamiento, estado mecánico, reservas remanentes de las arenas productoras y estudio de nuevas oportunidades a cada uno de los pozos.
- Tipo de trabajo de reacondicionamiento a realizarse, en los pozos idóneos para su reapertura e incremento de la producción de petróleo, con el fin de realizar trabajos de reacondicionamiento de pozos que sean económicamente rentables.
- Estudio económico del trabajo de reacondicionamiento en base a costos de los diferentes implementos utilizados, para determinar la factibilidad del trabajo, con el fin de poder intervenir en la reactivación de los pozos.
- Trabajos de reacondicionamiento ayudan a reincorporar los pozos inactivos de una forma eficaz, con el fin de tener una vida productiva por más tiempo en los pozos.”

Previamente, deberá obtenerse información del tipo de cementación, método de cementación y la composición de la cementación empleada, aspectos que los podemos resumir de la siguiente manera: (Velasco J., Guerrero J., 2014).

Cuadro 2

Tipode Cementación	Técnica	Condiciones	Resultado Esperado
Primaria	Colocación del cemento entre la formación y tubería de revestimiento	Llenado del espacio anular. Etapa crítica de la perforación y abandono	Cierre sin fugas de gas y líquido
Forzada	Forzar lechada de cemento a presión entre las tuberías de revestimiento y la pared e intersticios para formar nodos adecuados	Utiliza presiones menores a la de fracturación, dejando llenar por presión hidrostática los espacios que no han sido sellados en la primaria.	Filtrado forma una capa sólida impermeable. Evita fugas de gas o aceite sellando zonas de pérdida de circulación. Apropiaada para cierre de pozos.
Tapones de Cemento	Tapón con lechada de cemento colocado en el orificio de la tubería de revestimiento.	Coloca cemento en el agujero o tubería revestida.	Permite taponar una zona o pozo agotado para desvío de flujo de fluido o cambio del tipo de perforación a direccional.

Fuente: (Velasco J., Guerrero J., 2014) Elab.: Ibarra P.

Los métodos de cementación a aplicar actualmente son: Tapón equilibrado, Cuchara vertedora, Tapones con tubería de aluminio y tapones mecánicos (Velasco J., Guerrero J., 2014) Las propiedades de acuerdo a la composición del cemento, pueden resumirse de la siguiente manera:

Cuadro 3

Nombre	Clase	Tipo	Profundidad máxima (m)	Temperatura Máxima (gradosc)	Fortaleza	Limitación
Portland	A	I	1830	77	Alta adherencia	Moderada Resistencia ataque por sulfatos
	B	II	1830	77	Mejor resistencia a sulfatos	
	C	III	1830	77	Mayor Resistencia a compresión Y Alta resistencia a sulfatos	
	D	IV	Desde 1830 Hasta 3050	110	Resistencia presión Mayor Resistencia a sulfatos	
	E	V	Desde 3050 Hasta 4270	143	Alta presión Alta resistencia a Sulfatos	
	F		Desde 3050 Hasta 4880	160	Alta presión Cementos de Fraguado lento Alta resistencia a sulfatos	
	G y H	Cementos Petroleros	2240		Amplio rango de presión y Temperatura	
Ultrafino					Menor tamaño de partícula (2 Micrómetros). Alta capacidad de penetración para reparaciones	
Epoxi					De fracturas o fisuras en revestimiento	
Escoria					Usado en pozos con pH bajo	
Puzolanas					Alamente cohesivos Se emplea en pozos inyectoros	
Cementos a Base de diésel					Convertido el dióxido de cemento	
Cementos Resinosos o plásticos	Mezcla de Resina, catalizador en polvo y cemento a,b,g				Usado en pozos de inyección a gas	
Cementos de Yeso	Mezcla con Cementos a,g O h				En combinación con el	
Cementos Látex	Mezclas de Cemento a,g o h con látex o resinas de acetato de polivinilo o estireno- butadieno				Cemento se obtienen compuestos con propiedades cohesivas y adhesivas	
Cementos Para ambientes fríos	Mezcla de yeso Y cementos refractarios				Mezcla de cemento con dióxido y	
Espumosos	Presión y surfactante				Suficiente Para uso en zonas productoras de agua Usado en pozos de producción con alto corte de agua	
Cementos Tixotrópicos	Mezcla de yeso Y cemento Portland				Cementa zonas abandonadas en Un pozo	
Cementos Antiácidos	Mezcla de Resinas sintéticas, cuarzo pulverizado y silicato de sodio				Para mejorar fraguado y mezcla	
Cementos Expansibles					Con tapónamiento insoluble	
Cementos Compresibles					Se mejora solidez y pérdida por filtrado Se aplica en zonas con presencia de gas	
Cementos Fibrosos					Bajo calor de formación, Evitando de tener hidratos glicícos	
					Inestables	
					Para estabilizar La espuma	
					Se introduce en una zona Removible	
					Aumentan de volumen, Teniéndose de tipo K,SyM	
					Mantiene la presión de formación de poro del cemento superior a la presión de formación del gas	
					Usan fibras sintéticas lo que Aumenta y mejora sus propiedades mecánicas	

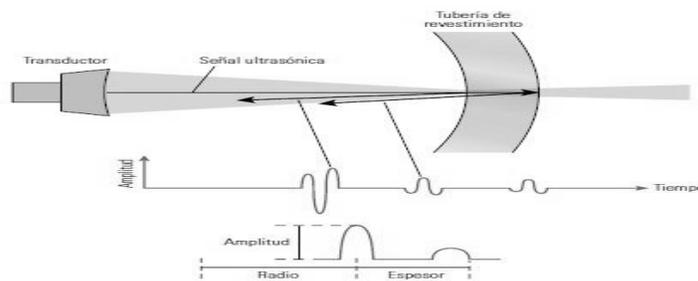
Fuente: (Velasco J., Guerrero J., 2014) Elab.: Ibarra P.

Procedimiento para realizar el levantamiento de información, caracterizando el grado de corrosión en función de la cementación o elementos sueltos (segmentos de tubería)

A continuación, describimos uno de los métodos de monitoreo que puede emplearse en el manejo del pozo. Para el efecto se han seleccionado algunas técnicas: (Schlumberger, Oilfield Review, Pág. 46).

- Método USI (Transductor de imágenes ultrasónicas), utiliza la herramienta EM Pipe Scanner, la misma que efectúa ensayos no destructivos de la corrosión en tubería de revestimientos, usando principios de electromagnetismo.
- Principio. - Transmite una señal ultrasónica de 200 a 700 kHz, resonando la tubería de revestimiento.
- Registro. - Evalúa la adherencia del cemento y la inspección de tuberías.
- Resultado. - A menor resonancia, mayor calidad de adherencia del cemento. Una buena adherencia de la cementación disminuye la resonancia y hace que una segunda señal acústica retorne débil al transductor.
- Registros adicionales. - La señal acústica representada en dos dimensiones, caracteriza las condiciones internas de la tubería de revestimiento (eco interno).
- Herramienta UCI: Con la herramienta UCI se detecta una señal más débil proveniente de la parte externa de la tubería. Sin embargo, esta herramienta se limita a la detección en medios que contienen petróleo, salmuera, lodos livianos que contienen petróleo ligero. Los lodos pesados atenúan la señal, limitando su obtención.

En el diagrama siguiente se esquematiza el principio de funcionamiento de la herramienta:



^ Principios básicos de la herramienta ultrasónica de imágenes de corrosión UCI. La herramienta UCI utiliza un transductor enfocado de 2 MHz para mejorar la resolución de la medición ultrasónica. El transductor actúa además como receptor de la señal reflejada y registra su amplitud y su tiempo de arribo. Esta señal es emitida (o pulsada) a través del fluido del pozo hacia el interior de la tubería de revestimiento (*extremo superior*). Cuando encuentra una discontinuidad, tal como la pared interna o externa de la tubería de revestimiento (*centro*), la señal se refleja. La mayor parte de la energía se refleja en el eco inicial, en la pared interna de la tubería de revestimiento, debido al gran contraste de impedancia existente entre el lodo y el acero; la energía remanente transmitida hacia el interior de la tubería de revestimiento se vuelve a reflejar en la pared externa. La señal que se vuelve a reflejar en la pared interna puede ser utilizada para evaluar el estado y el radio de la tubería de revestimiento. La diferencia de tiempo entre los dos primeros ecos puede ser utilizada para determinar el espesor de la tubería de revestimiento (*extremo inferior*). En comparación, la herramienta USI se utiliza con más frecuencia para la inspección ultrasónica de las tuberías y emplea un transductor ultrasónico no enfocado de 200 a 700 kHz para inducir una resonancia en la tubería de revestimiento. En la medición USI, el espesor se determina a partir de la frecuencia de la resonancia. (Adaptado de Hayman et al, referencia 15.)

Diagrama 2

Fuente: Acuña I., Monsague A., BrillT., et. al., 2016. Schlumberger, Oilfield Review, Pág. 47

Definir condiciones de pozos abandonados tipo en el oriente ecuatoriano, causa del abandono y posibilidad de recuperación (Córdor J., Vaca A., 2016) o su desmantelamiento (Barclay I., et. al., 2002). Los pozos en la región amazónica ecuatoriana, han sido cerrados o abandonados por diferentes razones, entre las cuales tenemos:

- Csg colapsado (casing colapsado)
- Csg colapsado y pescado BES

Para el efecto, deberá realizarse un levantamiento de información, basada en el uso de las herramientas UCI, el cual conjuntamente con los registros históricos del pozo, darán la información suficiente para adoptar las medidas en cuanto a la corrección o en su defecto la reinstauración de producción del pozo. Es importante señalar la necesidad de determinar en qué condiciones fue cerrado el pozo para definir la mejor técnica de reapertura o sellado final.

El tema ambiental debe ser estudiado en profundidad, particularmente en el caso que está propuesto en el presente artículo, que corresponde a la corrosión de la infraestructura.

La recomendación para nuevos pozos, será el uso de tubería flexible debidamente protegida con recubrimientos poliméricos y de aceros que eviten la corrosión.

Conclusiones

Por necesidades de carácter ambiental, es imprescindible el monitoreo de pozos abandonados empleando las herramientas tecnológicas actuales, a fin de determinar daños en la cementación o corrosión del casing que origine la aparición de fluidos tóxicos que se entreguen al ambiente y los daños subsecuentes. Para esto, es necesario que se establezca un monitoreo automatizado, con la inspección de sitios en donde se tiene pozos abandonados o cerrados.

Los procesos de monitoreo deben ser automatizados a través de sistemas en línea y tiempo real, para determinar las condiciones específicas de las estructuras abandonadas.

Referencias

- Barclay I., Pellenbarg J., tettero J., et. al. (2002), Oilfield Review, *El principio del fin: Revisión de las técnicas de abandono y desmantelamiento*.
- Bravo E. (2007), *Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad*, Acción Ecológica. Recuperado de: www.inredh.org/archivos/documentos_ambiental/impactos_explotación_petrolera_esp.pdf.
- Cóndor José, Vaca Alex, (2016), *Estudio para la Reactivación de Pozos Inactivos que Presentan Problemas Mecánicos en el Campo Alfa*. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/6370/1/T-UCE-0012-10.pdf>.
- Román Alvaro, (2016), *Estudio para incrementar la producción de los Campos Auca y Culebra de la empresa EP petroecuador, mediante la aplicación de estimulaciones matriciales con el fluido oneSTEP*. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3911>.
- Schlumberger (2016), No. revitalización de un campo maduro, monitoreo permanente en el fondo del pozo, detección de la corrosión en tuberías. *Oilfield Review*, Vol. 22 Recuperado de: http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish10/sum10/composito.pdf.

Schlumberger (2016), Medición de la corrosión en las tuberías de revestimiento para prolongar la vida de los activos. *Oilfield Review*, Vol.25, No. 3, Recuperado de: http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish13/aut13/2_casing_corr.pdf.

Velasco J., Guerrero J. (2014), Opciones de Taponamiento para Abandono de Pozos Petroleros, *Tesis de Pregrado de la UNAM*”, pp. 76-85. Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5528/sequence=1>.

Biosorción de arsénico con biomásas derivadas de las cáscaras de banano, arroz y coco en aguas excedentes de plantas de beneficio

Jaime Enrique Maza Maza

Universidad Técnica de Machala
jemaza@utmachala.edu.ec

Arturo Widberto Sánchez Asanza

Universidad Técnica de Machala
asanchez@utmachala.edu.ec

Norma Carmen Carmona Banderas

Universidad Técnica de Machala
ncarmona@utmachala.edu.ec

Resumen

La investigación de la Biosorción de arsénico con biomásas derivadas de las cáscaras de banano, arroz y coco en aguas excedentes de plantas de beneficio; se enmarca en encontrar la opción práctica para disminuir el grado de contaminación, producido por la actividad minera. La muestra de agua, fue tomada en la zona de descarga de residuos mineros del río Amarillo del cantón Portovelo, provincia de El Oro, La dosis de concentración de biomásas adsorbentes seca para el estudio, fueron 50 y 100gr de cáscara de banano, 20 y 50gr de coco, y 100gr de arroz, cada tratamiento mezclado con 500cc de muestra de agua, en cambio para el tratamiento de 99gr de mezcla de biomasa seca de cáscaras de banano, arroz, coco, la mezcla con la muestra de agua fue de 1000cc, cada una de las biomásas con su respectivo tamaño de partícula (malla 10, 20 y 40). La determinación del tiempo en la adsorción del metal Arsénico (As), fue ensayada en dos momentos 4 y 8 horas con agitación, pH 5 del agua muestra. Los resultados de adsorción del metal pesado Arsénico (As), fueron de alto impacto, bajo los tres tipos de biomásas aplicados.

Palabras claves: Biosorción, biomasa, arsénico, aguas excedentes, metales pesados.

Abstract

Research on biosorption of arsenic with biomass derived from banana, rice and coconut husks in surplus waters of benefit plants; is framed in finding the practical option to reduce the degree of pollution produced by mining activity. The water sample was taken at the Amarillo River waste discharge zone of the Portovelo canton, El Oro province. The dry biomass adsorbent concentration dose for the study was 50 and 100gr of banana peel, 20 and 50gr of coconut, and 100gr of rice, each treatment mixed with 500cc of water sample, instead for the treatment of 99gr of dry biomass mixture of banana, rice, coconut shells, the mixture with the water sample was 1000cc, each of the biomass with its respective particle size (mesh 10, 20 and 40). The determination of the time in the adsorption of the Arsenic Metal (As), was tested in two moments 4 and 8 hours with agitation, pH 5 of the water sample. The adsorption results of the heavy metal Arsenic (As), were high impact under the three types of applied biomass.

Keywords: biosorption, biomass, arsenic, excess water, heavy metals.

Introducción

El Ecuador es un país rico y posee una gama de recursos florísticos y faunísticos, sus ecosistemas son variados, lo que ha permitido que el hombre busque explotar, principalmente los recursos fósiles, agropecuarias, acuícolas y mineras, siendo esta última explotación la que mayor impacto en contaminación ha venido generando principalmente en los cuerpos de agua, recayendo luego en el suelo, debido a la presencia especialmente de metales pesados.

La exposición al plomo puede afectar adversamente a los sistemas nervioso, inmunológico, reproductivo y cardiovascular. La absorción depende de tránsito gastrointestinal, estado nutricional y edad; se produce principalmente por medio de los sistemas respiratorio y gastrointestinal; es mayor si hay deficiencias de hierro o calcio, en dietas ricas en grasas y durante la infancia (cuando es de 40 a 50%, mientras que en la edad adulta es de 10%) (Azcona, Ayala, & Vicente, 2015).

Los metales pesados tienen tendencia a formar complejos con sustancias minerales (carbonatos, sulfatos, fosfatos, nitratos, etc.) y en mayor grado con sustancias orgánicas, mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas, etc., por lo que se acumulan en el medio ambiente, principalmente en los sedimentos de ríos, lagos, lagunas y mares (Los metales pesados tienen tendencia a formar complejos con sustancias minerales (carbonatos, sulfatos, fosfatos, nitratos, etc.) y en mayor grado con sustancias orgánicas, mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas, etc., por lo que se acumulan en el medio ambiente, principalmente en los sedimentos de ríos, lagos, lagunas y mares (Zheljazkov, 2011).

El artículo científico se enmarca en la Biosorción de arsénico con biomásas derivadas de las cáscaras de banano, arroz y coco en aguas excedentes de plantas de beneficio; con el fin de realizar serios análisis experimentales de laboratorios, por la alta contaminación que presenta el río amarillo del Cantón Portovelo de la provincia de El Oro, debido a la actividad minera de aquella zona; contexto en que se desarrolla la investigación.

Introducción al problema

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estableció que la máxima concentración de iones de metales pesados en el agua debe estar en un rango de 0,01-1 ppm, sin embargo, en la actualidad se reportan concentraciones de iones de metales pesados hasta de 450 ppm en los efluentes.

En la actualidad las diferentes actividades antropogénicas han causado una gran contaminación afectando una gran parte las aguas superficiales, esto se debe en gran mayoría a las grandes explotaciones de minerales cuyo propósito son el extraer petróleo, minerales preciosos a través de la minería entre otros, el deficiente control en los procesos de las diferentes plantas de beneficios en la minería, ha provocado grandes impactos ambientales en el recurso agua, generando residuos de metales pesados en concentraciones muy altas, lo cual exceden los límites máximos permisibles establecidos en el Ministerio del Ambiente del Ecuador. Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.

La mayor incidencia de plomo en aguas ecuatorianas se da en regiones donde se encuentran industrias mineras, como es el caso de las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Los ríos de estas regiones presentan altas cantidades de este elemento, debido principalmente a que las industrias mineras depositan las colas de cianuración en las microcuencas de dichas regiones. (Ecuador, 2017).

En el Distrito Minero Zaruma-Portovelo se han realizado varios estudios que han determinado la presencia de metales en las aguas de los ríos Calera y Amarillo. Sánchez (2015), afirma que el contenido de Cobre total, Plomo, Zinc y Arsénico es representativo en las aguas de los lugares mencionados.

El impacto ambiental generado por estas sustancias tóxicas ha llevado a la comunidad científica a desarrollar diferentes métodos para el tratamiento de los efluentes industriales contaminados con estas sustancias, Sin embargo, estos métodos han resultado bastante costosos e ineficientes especialmente cuando la concentración de los metales es muy baja, además de la formación, disposición y almacenamientos de lodos y desechos, originados durante los procesos, lo cual se convierte en un problema mayor a resolver (Salas, L; García, S; González, J; Frascaroli, M; Bellú, S; Mangiameli, F; Blanes, P; Mogetta, M; Andreu, V; Atria, A y Salas, J. 2010).

Con el propósito de remediar la problemática de estudio, se consideró la utilización de materiales naturales de origen biológico como alternativa para la adsorción de metales pesados, fijando como objetivo principal. Determinar a través de la bioadsorción la mejor opción para disminuir el grado de contaminación producido por la actividad minera que altera el recurso hídrico del Río Amarillo con metales pesados (As, Pb, Fe y Zn), siendo estas biomásas la cascara de banano, coco y arroz; de la misma forma se analizará los parámetros físicos adecuados para la adsorción de los metales pesados.

La bioadsorción, surge como una alternativa que llama la atención en la remoción de iones de metales pesados en los efluentes industriales, ya que, es una tecnología que permite no solo removerlos, si no también, darle un tratamiento a los desechos agrícolas que antes no tenían ninguna utilidad, además, estos materiales biosorbentes son de bajo costo y fácil adquisición (Fiorentin, I; Trigueros, D; Módenes, A; Espinoza, F; Pereira, N; Barros, S y Santos, A. 2010).

La biomasa obtenida a partir de los desechos de las agroindustrias, involucran la generación de grandes volúmenes de sólidos de origen vegetal; en estado seco, se convierte en un adsorbente eficaz para la remoción de elementos metálicos de los afluentes. (Pérez, S. 2014).

Importancia del problema

Si bien es cierto que la contaminación avanza por el asentamiento de metales pesados en el río amarillo causados por la minería como problema grave, que pone en riesgo a todos los seres humanos que beben o riegan sus cultivos y con un alto grado de contaminación, producto de esta actividad, que indiscutiblemente es necesaria para generar economía, la propuesta planteada frente a esta realidad emergente se propone, disminuir el grado de contaminación mediante la cáscara seca de banano, coco y arroz.

Los metales pesados son aquellos elementos químico metálico que tenga una alta densidad y sea tóxico y venenoso en pequeñas densidades. Es importante considerar sobre los metales pesado que “Los metales pesados son parte fundamental de las fuentes antropogénicas provenientes de desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para la biota marina, el hombre y el ambiente en general” Rubio (citado por Castro & Valdés, 2012). Teniendo en cuenta en lo anterior que la mayor causa de esta contaminación es por acciones humanas y tener en cuenta que pone en peligro para la biodiversidad destruyendo ecosistema por ende poniendo peligro a la salud de los seres vivos.

Tejada, Villabona & Garcés (2015) afirma que “Los metales pesados lo constituyen un grupo de aproximadamente 40 elementos, de elevado peso atómico (mayor a 44) cuya densidad específica es superior a 5 g/cm³, excluyendo generalmente a los metales alcalinos”.

Metodología

Los tipos de la presente investigación corresponde a un trabajo descriptivo – experimental, donde la información obtenida de la actividad intencional por parte del investigador estará sometido al método analítico para determinar las características y propiedades del objeto de estudio.

Considerando lo manifestado por Arias (1999), la investigación descriptiva permite la caracterización de un hecho con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Además, está enmarcada en una investigación experimental, ya que los datos se van a recoger de manera sistemática cuando se simula en el laboratorio las condiciones propias de contaminación por metales pesados en el agua.

En la selección y toma de muestra se inicia con la etapa de escogimiento y empaque, se presentan rechazos en las operaciones de desgaje y desmane. En la primera se inspeccionan las dimensiones de la fruta, y en la segunda, las condiciones de la cáscara. De este modo, el rechazo de empacadora resulta de la exigencia de calidad estipulada por las comercializadoras de banano. Este rechazo se estima entre un 15% y 20% del total de la producción de exportación anual (Afanador, A. 2005).

Las muestras de la biomasa para el análisis de estudio fueron seleccionadas desde el punto de vista como residuo de materia prima no aprovechable dentro de nuestra provincia como los son, las cáscaras de banano, arroz y coco.

Se consideró desechos de cáscaras que no presenten características de putrefacción, evitando que este afecte el proceso de adsorción.

Con respecto a la muestra de agua esta fue tomada en la zona de descarga de residuos mineros del río Amarillo del cantón Portovelo, provincia de El Oro, la cual fue llevada al laboratorio para su análisis previo.

Es preciso señalar la preparación de biomasa adsorbentes se puede utilizar las biomasa de algas, hongos y bacterias como material adsorbente se considera como una alternativa viable para la remoción de contaminantes desde aguas residuales. En general, es un material que se encuentra disponible en gran cantidad en procesos de fermentación, tales como los de producción de ácido cítrico y de penicilina. El proceso de adsorción ha sido conocido por ser una de las técnicas más eficaces para la eliminación de metales peligrosos para el medio ambiente (Tejada, C; Villabona, A & Núñez, J. 2015).

Para la determinación de adsorción del metal Arsénico (As), se empleó tres tipos de biomasa las cáscaras de banano, arroz y coco, material obtenido en los distintos puntos de procesamiento dentro de la provincia de El Oro. Esta es sometida a un proceso controlado empezando por la elección de los residuos de biomasa en mejor estado, pasando seguidamente hacer secada al sol por una semana, luego de constatar la biomasa totalmente deshidratada esta es molida y tamizada en tres diferentes tamices (cáscara de banano malla 40, cáscara de coco malla 20 y 10, cascara de arroz malla 10 y se realizó una mezcla de cáscaras de banano +arroz +coco malla 40).

Este método de procesamiento obtuvo los promedios del 60% de peso seco de biomasa de cáscara de banano, el 90% de peso seco de la cáscara de arroz y el 80% de peso seco de la cáscara de coco todas estas con relación al peso total en húmedo.

El método analítico de la muestra es de gran aporte en la espectrometría ha tenido un renovado impulso, como

resultado del creciente interés de la sociedad en incentivar el desarrollo y empleo de métodos de análisis que reduzcan o eliminen la generación de residuos potencialmente tóxicos para el ambiente. Las técnicas de análisis vía rayos X presentan la ventaja de prácticamente no generar desechos, resultando en una de las técnicas instrumentales más amigables con el ambiente (Litter, M; Armienta, M & Farías, S. 2009).

Con el propósito de garantizar un estudio confiable y evitar márgenes de errores en los análisis de los resultados, influenciados por parámetros físicos-químicos como la temperatura, pH, conductividad eléctrica y concentración del metal de interés, el estudio de Biosorción de las diferentes muestras de biomasa se lo efectuó en laboratorio a través del espectrofotométrico de Absorción atómica Pekín Elmer 300.

La medición por absorción atómica es una técnica eficaz para la determinación del elemento de estudio Arsénico (As), se logró comprobar rangos muy bajos de límites de detección de metales en cada uno de los tratamientos de biomasa.

La técnica es apropiada para la determinación de metales en muestras biológicas y medioambientales, solo requiere de una cantidad de muestra pequeña para realizar el análisis.

Para el presente estudio de biosorción de Arsénico (As), se determinaron los siguientes parámetros: El pH para la adsorción del Arsénico (As), Tamaño de la partícula de la biomasa, Concentración del bio-adsorbente, El tiempo de adsorción del Arsénico (As) y la concentración inicial del metal de la muestra de agua.

El proceso de ensayo de Biosorción del metal arsénico (As) y adsorción depende fuertemente del pH y cada metal tiene un pH óptimo para ser extraído. La temperatura, el tiempo de equilibrio, la concentración de metal y la presencia de otros iones en disolución son factores que influyen también en el proceso de adsorción. La presencia de los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} correspondientes a la dureza del agua, interfieren de forma significativa en el proceso de extracción de metales pesados, tal como ocurría en los procesos de intercambio iónico (Mendez & Maier, 2008).

Para la determinación del pH, se utilizó las tiras de papel peachimetro y se realizó las mediciones antes y después de mezclar el bioadsorbente con la muestra de agua obtenida del río Amarillo, se determinó que no hubo cambios siendo grado 5 el pH promedio.

El tamaño de partícula en la remoción del Arsénico (As) fue otras de las determinaciones del estudio, se realizó un análisis de granulometría utilizando tamices de porosidad de medidas malla 10, 20 y 40, seguidamente se procedió los experimentos de adsorción en un equipo homogeneizador compuesto por 8 recipientes donde son depositados y mezclados la biomasa adsorbente seca y la muestra de agua de estudio a temperatura ambiente.

Las dosis de concentración de biomasa adsorbentes seca para el presente estudio, fueron 50 y 100gr de biomasa seca de cáscara de banano, 20 y 50gr de biomasa seca de cáscara de coco y 100gr de biomasa seca de cáscara de arroz, cada tratamiento mezclado con 500cc de muestra de agua, en cambio para el tratamiento de 99gr de mezcla de biomasa seca de cáscaras de banano +arroz +coco, la mezcla con la muestra de agua fue de 1000cc, cada una de las biomasa con su respectivo tamaño de particular (malla 10, 20 y 40).

La determinación del tiempo en la adsorción del metal Arsénico (As), fue ensayada en dos momentos cada 4 y 8 horas en las mismas condiciones de agitación y nivel de concentración del metal, pH, granulometría y

concentración de los bioadsorbentes, el análisis del Arsénico (As) y de otros metales que son de interés (Pb, Zn y Fe) fueron determinados al inicio como tratamiento (Testigo) y al final de cada tiempo de experimentación se analizó.

Tabla 1
Diseño de Investigación

Tratamiento	Biomasa	Concentración de Biomasa seca (gr)	Tiempo de agitación (horas)	Tamaño de partículas (molienda)	Muestra de estudio (cc)	pH
T1	Cascara de banano seca	50	4	Malla 40	500	5
T2	Cascara de banano seca	50	8	Malla 40	500	5
T3	Cascara de banano seca	100	4	Malla 40	500	5
T4	Cascara de banano seca	100	8	Malla 40	500	5
T5	Cascara de coco	20	4	Malla 20	500	5
T6	Cascara de coco	20	8	Malla 20	500	5
T7	Cascara de coco	50	4	Malla 10	500	5
T8	Cascara de coco	50	8	Malla 10	500	5
T9	Cascarilla de arroz	100	4	Malla 10	500	5
T10	Cascarilla de arroz	100	8	Malla 10	500	5
T11	Cascaras de banana +arroz +coco	99	4	Malla 40	1000	5
T12	Cascaras de banana +arroz +coco	99	8	Malla 40	1000	5

Fuente: Autores

Determinación de concentraciones del metal Arsénico As, mediante absorción atómica

Concluido los dos tiempos de adsorción (4 y 8 horas) en la experimentación, se extrae una muestra de cada tratamiento, se filtra a través del papel filtro depositado en un vaso de precipitación y finalmente esta es llevada y analizada en el equipo espectrofotométrico donde se determinará la concentración del metal presente en la fase líquida mediante absorción atómica, a través de un balance de masa, se puede deducir la concentración de arsénico retenida por las biomosas. Para este estudio de concentración de adsorción de Arsénico (As), retenida por biomosas adsorbentes secas, los valores que se obtienen son calculados por la siguiente ecuación:

$$q = (C_0 - C_e) / X$$

Donde:

q: Capacidad de biosorción (mg)

X: Concentración de biomasa (gr)

C₀: Concentración inicial (mg/L)

C_e: Concentración del metal en disolución en función del tiempo (mg/L)

Resultados

Caracterización de los efectos de biomosas en la absorción del Arsénico As

De los resultados experimentales obtenidos en los diferentes efectos de cada biomasa, llevados a cabo por el espectrofotométrico de Absorción atómica, consistió en la determinación del análisis de los tratamientos en la biosorción del Arsénico (As) y de algunos elementos metálicos Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Hierro (Fe).

Los valores iniciales de la muestra de agua del río Amarillo, considerada como (Testigo) presentaron rangos elevados principalmente con el elemento Arsénico (As) (1,43 ppm mg/L) y el elemento Plomo (Pb) (0,11 ppm mg/L), según la Norma del libro VI del Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio ambiente (TULSMA) determina que los parámetros indicados sobrepasan los límites máximos permisibles.

Tabla 2

Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Hierro	Fe	mg/l	0,03	0,03	0,03
Plomo	Pb	mg/l	-	-	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17

Fuente: TULSMA 2015

Tabla 3

Informe de valores de adsorción de metales con los diferentes tratamientos de biomazas

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	Pb (Total) ppm (mg/L)	Zn (Total) ppm (mg/L)	Fe (Total) ppm (mg/L)	As (Total) ppm (mg/L)
(T0) Testigo - Agua de río Amarillo	0,11	< 0,01	< 0,01	1,43
(T1) Biomasa-Cascara de banano seco 50 gr. Molienda malla 40 (4 Horas de agitacion)	0,71	98,5	11,35	0,29
(T2) Biomasa-Cascara de banano seco 50 gr. Molienda malla 40 (8 Horas de agitacion)	0,93	98,51	33,5	0,27
(T3) Biomasa-Cascara de banano seco 100 gr. Molienda malla 40 (4 Horas de agitacion)	2,21	195	6,5	< 0,01
(T4) Biomasa-Cascara de banano seco 100 gr. Molienda malla 40 (8 Horas de agitacion)	1,91	257	38,5	< 0,01
(T5) Biomasa-Cascara de coco 20 gr. Molienda malla 20 (4 Horas de agitacion)	0,54	0,58	89,5	< 0,01
(T6) Biomasa-Cascara de coco 20 gr. Molienda malla 20 (8 Horas de agitacion)	0,17	0,45	103,5	1,09
(T7) Biomasa-Cascara de coco 50 gr. Molienda malla 10 (4 Horas de agitacion)	1,21	9,5	135,5	< 0,01
(T8) Biomasa-Cascara de coco 50 gr. Molienda malla 10 (8 Horas de agitacion)	0,96	2,5	203,5	< 0,01
(T9) Biomasa-Cascarilla de arroz 100 gr. Molienda malla 10 (4 Horas de agitacion)	0,47	1,42	4,07	< 0,01
(T10) Biomasa-Cascarilla de arroz 100 gr. Molienda malla 10 (8 Horas de agitacion)	0,17	1,58	9,98	< 0,01
(T11) Biomasa-Cascara de banano seco + arroz +coco 99 gr. Molienda malla 40 (4 Horas de agitacion)	0,55	32,5	81	1,89
(T12) Biomasa-Cascara de banano seco + arroz +coco 99 gr. Molienda malla 40 (8 Horas de agitacion)	0,44	29,5	93	1,08

Fuente: Laboratorio Lab-Metalor

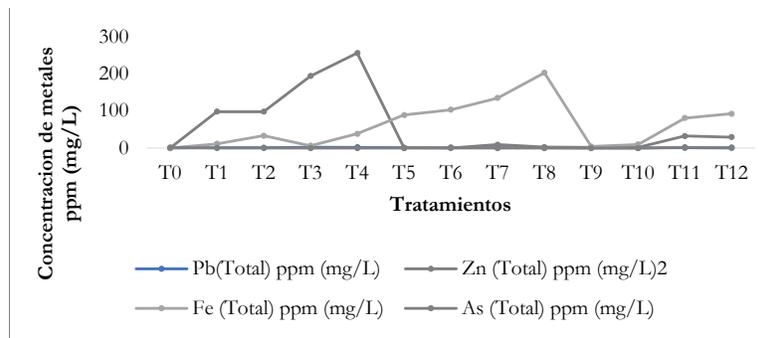


Ilustración 1

Parámetros de bioadsorción de metales con diferentes tratamientos de biomasa

Fuente: Autores

Análisis de resultados del efecto de biomasa con cáscara de banano seco

Los resultados obtenidos en la (Tabla 3), se deduce que los tratamientos de biomasa con cáscara de banano seco (T3) y (T4), alcanzaron el 100% de adsorción del metal Arsénico (As) ($< 0,01$), siendo altamente significativo dentro del estudio, el pH de la solución se mantuvo en el transcurso de los tiempos con un rango de 5. Es importante indicar que hubo efectos negativos con el elemento (Zn) (195 y 257 ppm mg/L), sus valores se elevaron a gran magnitud a mayor tiempo, con respecto a los elementos (Pb) y (Fe) sus valores aumentaron en menor escala.

A través de la ecuación se obtiene que por cada gramo (gr) de cáscara de banano seco de los tratamientos (T1) y (T2), absorben un promedio de 0,022 mg de metal Arsénico (As), correspondiendo un promedio del 80%.

Análisis de resultados del efecto de biomasa con cáscara de coco

Se deduce que los tratamientos de biomasa con cáscara de coco de los tratamientos (T5), (T7) y (T8), alcanzaron el 100% de adsorción del metal Arsénico (As) ($< 0,01$), siendo altamente significativo dentro del estudio, el tratamiento (T6) alcanzó valor mínimo de adsorción, según la ecuación se obtiene que por cada gramo (gr) de cáscara de coco absorbe 0,017 mg de metal Arsénico (As) correspondiendo en un 23,8%. El pH de la solución se mantuvo en el transcurso de los tiempos con un rango de 5. Es importante indicar que hubo efectos negativos con el elemento (Fe) (135,5 y 203,5 ppm mg/L), sus valores se elevaron a gran magnitud a mayor tiempo con los tratamientos (T7) y (T8), con respecto a los elementos (Pb y Zn) sus valores aumentaron en menor escala.

Análisis de resultados del efecto de biomasa con cascarilla de arroz

Los resultados obtenidos en los tratamientos de biomasa con cascarilla de arroz (T9) y (T10), alcanzaron el 100% de adsorción del metal Arsénico (As) ($< 0,01$), siendo altamente significativo dentro del estudio, según la ecuación se obtiene que por cada gramo (gr) de cascarilla de arroz, absorbe 1,43 mg de metal Arsénico (As). El pH de la solución se mantuvo en el transcurso de los dos tiempos con un rango de 5. Es importante indicar que, en los dos tratamientos, los valores de (Pb, Fe y Zn) fueron bajos con relación a las biomasa de banano seco y coco donde sus valores fueron altos, hay que destacar que el tratamiento con (T10) fue el más efectivo de todos, se evidencio casi una estabilidad con el elemento (Pb) (0,17 mg/L) frente al valor del testigo (Pb) (0,11 mg/L).

Análisis de resultados del efecto de biomasa con cáscaras de banano seco + arroz+coco

Con respecto a los tratamientos de biomasa con cáscaras de banano seco+arroz+coco (T11) y (T12), no alcanzaron la significancia esperada en la adsorción del metal Arsénico (As) (1,89 y 1,08 mg/L), según la ecuación se obtiene que para el tratamiento (T11) hubo un incremento mayor al testigo del metal (As) (1,89 mg/L), se deduce que hubo un efecto de expansión correspondiendo un valor contrario de adsorción (-32%), en cambio para el tratamiento (T12), se deduce que por cada gramo (gr) de biomasa seca, absorbe 0,007 mg de metal Arsénico (As). El pH de la solución se mantuvo en el transcurso de los dos tiempos con un rango de 5. Es importante indicar que, en los dos tratamientos estudiados el volumen de la muestra de agua fue con 1000cc y para los demás tratamientos con 500cc.

Discusión

Los resultados del ensayo demostraron la capacidad de utilizar los materiales bioadsorbentes en aguas residuales que contienen el ion arsénico en niveles 30 veces superior a la norma establecida TULSMA Criterios de calidad de agua (0,05 mg/l), y, 140 veces superior a la norma establecida por la OMS (0.01 mg/L).

En varios trabajos se reporta (Zhang, Yang, & Huang, 2003), que es difícil comparar directamente la capacidad de adsorción de diferentes adsorbentes debido a la variedad de condiciones experimentales. Aun así, los materiales utilizados en el presente ensayo tienen valores mayores en cuanto a plomo, hierro y zinc, debido posiblemente a la presencia de los iones en las biomásas utilizadas que no fueron tratadas previamente (Iliana, Martínez, Segura, Villareal, & Gregorio, 2009).

La capacidad de remoción de metales del bioadsorbente va a depender de ciertos parámetros controlables en el proceso de adsorción como lo son el pH, el tamaño de partícula, la temperatura, y la concentración de la biomasa (Tejada, 2014); bajo este contexto, se determinó que influye significativamente el tamaño de la partícula a menor tamaño de la partícula existe mayor campo de exposición para la absorción iónica en menor tiempo, de manera relativa es la influencia de la concentración de la biomasa utilizada.

Illina et. al. (2009), concluye en sus investigaciones de biosorción de metales que el mayor porcentaje de remoción y capacidad de biosorción se detecta a pH 5, el mismo que se consideró para los tratamientos experimentales.

Tal como lo expresa Ríos (2014), la cantidad de adsorbente es el factor que va a limitar hasta cierto punto la concentración de metal que se adsorbe, es decir a mayor cantidad de adsorbente, obtendremos una mayor adsorción, de igual manera en cuanto al tiempo de exposición del adsorbente, a mayor tiempo de exposición mayor es la capacidad de remoción del metal, para el arsénico resultó ser adsorbente en un 80%.

Para la remoción de arsénico, la biomasa de cáscara de coco en bajas concentraciones y en tiempos cortos resulta poco efectiva 24% y en tiempos mayores suelta los iones de arsénico; lo contrario sucede con concentraciones mayores (50gr/500ml) de biomasa que resulta totalmente efectivo para la adsorción del (As). En el presente ensayo se comprobó que la biomasa de cáscara de coco tanto a mayores concentraciones como a mayores tiempos de exposición suelta iones de (Fe, Zn y Pb).

La biomasa de cáscara de arroz resultó ser el adsorbente suficiente para la remoción del arsénico (adsorbido en su totalidad) en la concentración de (100 gr/500ml) en los dos tiempos ensayados, corroborando la afirmación de Matamoros (2016), en sus ensayos de bioadsorción.

La biomasa mixta de cáscaras (banano+coco+arroz), resulta totalmente eficiente para la remoción del ion arsénico con todas las pruebas realizadas, pero al igual que la biomasa de cascara de coco aumenta significativamente la presencia de Pb, Zn, Fe, debido posiblemente a que las muestras no tratadas debieron tener en su biomasa presencia de los iones nombrados o por reacciones químicas no consideradas en el ensayo.

Los resultados obtenidos demuestran que, para la remoción del arsénico presente en las aguas residuales provenientes de la actividad de beneficio de minerales, con las biomásas a distintas concentraciones y diferentes tiempos de exposición y variados tamaños de la partícula resultan eficientes bajo usos particulares.

Conclusiones

Considerando que la muestra de agua con iones contaminantes proviene del lugar donde se descargan los efluentes de las plantas de beneficio; y, las biomásas utilizadas no recibieron tratamiento alguno para la investigación, se determina la validez de la información obtenida con énfasis en llegar a elegir propuestas de solución viable y práctica a las descargas de la actividad minera.

En la investigación realizada, se comprobó que la cascara de arroz presenta un potencial para la remoción de iones(As), los valores de los iones (Pb, Fe y Zn) fueron bajos con relación a las biomásas de banano seco y coco, debido a que sus contenidos de proteínas y hemicelulosa poseen grupos negativamente cargados a pH levemente ácido (5.8-6.0). Estos grupos se consideran muy buenos para atraer los iones del metal a través de interacciones electrostáticas, este tipo de residuo agroindustrial se puede considerar como una opción para el tratamiento de las aguas que desemboca la actividad minera con contenido de iones de arsénico y plomo.

Otras de las opciones para la remoción de iones(As), son la cáscara de banano y de coco, utilizados en concentraciones altas, y se atribuye a sus proteínas, carbohidratos y componentes fenólicos que contienen grupos carboxilo, hidroxilo, sulfatos, fosfatos y amino, los cuales presentan gran afinidad por los iones metálicos, facilitando su captación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio LAB-METALOR, bajo el análisis respectivo, sirvió para determinar la significancia estadística del efecto de los parámetros estudiados en el proceso de absorción de arsénico a partir de cáscara de banano, arroz y coco.

Con un análisis se verificó el grado de contaminación que genera la actividad minera como es los metales pesados, pero en este caso, el plomo y el arsénico es el mayor contaminante hacia el río amarillo, por lo cual se propuso una solución que es la técnica de adsorción con la cáscara de banano, coco y arroz que tiene las propiedades de absorber metales pesado. Que es una alternativa económica y amigable con el medio ambiente.

Referencias

- Afanador, A. (2005). El banano verde de rechazo en la producción de alcohol carburante. *Revista Scielo*, pág.17.
- Arias, F. (1999). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Episteme.
- Azcona, M., Ayala, R., & Vicente, G. (2015). Efectos tóxicos del plomo. *Revista de Especialidades MédicoQuirúrgicas*, pp. 72-77.

- Castro, G., & Valdez, J. (2012). Concentración de metales pesados (Cu, Ni, Zn, Cd, Pb) en la biota y sedimentos de una playa artificial, en la bahía San Jorge 23°S, norte de Chile. *Revista Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(2): pp.267-281.
- Ecuador. (2015). Ministerio del Ambiente. *Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Quito, Ecuador: Editora Nacional.
- Ecuador. (2017). Banco Central del Ecuador. *Reporte de Minería " Dirección Nacional de síntesis macroeconomía"*. Quito, Ecuador: Diseño. Diagramación y Procesamiento.
- Fiorentin, L., Trigueros, D., Espinoza, F., Pereira, N., Barros, S., & Santos, O. (2010). Biosorción del tinte reactivo azul 5G en el secado del bagazo naranja en el sistema de lote: Modelado cinético y de equilibrio. *Revista Elsevier*, pp. 68-77.
- Iliana, A., Martínez, J., Segura, P., Villareal, J., & Gregorio, K. (2009). Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá. *Revista internacional de contaminación ambiental. Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(4): pp. 201-216.
- Litter, M., Armienta, M., & Farias, S. (2009). *Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos*. Argentina: CYTED.
- Matamoros, M. (2016). *Cinética de biosorción de plomo y arsénico en carbon activado proveniente de la cascarilla de arroz*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Mendez, K. (2008). *Usando citrus sinensis como biomasa residual. Biotechnology and Bioengineering*, pp. 1045-1054.
- OMS. (2016). Organización Mundial de la Salud "*Arsénico*". Ginebra: OMS.
- Perez, S., Calzado, O., Cascaret, D., & Naranjo, E. (2014). Adsorción de Cr(VI) por Cocos nucifera L. en residuales de Fibrocemento en Santiago de Cuba. *Revista Colombiana de Biotecnología*, pp. 9-18.
- Rios, P. (2014). *Cinética de bioadsorción de arsénico utilizando cascara de banano maduro en polvo*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Salas, L., García, S., González, M., Frascaroli, S., Bellu, F., Mangiameli, P., Salas, J. (2010). Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho. *Revista An. la Real Soc. Española Química*, 106(2): pp.114-120.
- Sanchez, A. (2015). *El impacto de la minería en el distrito minero Zaruma-Portovelo, y el manejo de los relaves producidos en las plantas de beneficio, ubicadas a lo largo de los ríos Calera y Amarillo de la cuenca Binacional Puyango- Tumbes*. Machala: Universidad de Guayaquil.
- Tejada, C., Villabona, A., & Núñez, J. (2015). Uso de biomásas para la adsorción de plomo. *Revista Ingenium*, 9(24). pp.41-51.
- Tejada, C., Villabona, A., & Ortiz, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Revista Tecno Lógicas*, 18(34): pp.109-123.

Zhang, Y., Yang, M., & Huang, X. (2003). Eliminación de arsénico (V) con un adsorbente de óxido de hierro dopado con Ce (IV). *Revista Elsevier*, 51(9): pp.945-952.

Zheljazkov, V. (2011). *Efecto de las aguas residuales de destilación y hormonas vegetales sobre el crecimiento y la composición de la menta verde*. *Ciencia de la alimentación y la agricultura*, pág. 91.

CAPÍTULO 3

MANEJO Y

MANTENIMIENTO FORESTAL



La producción forestal: una actividad con alto potencial en el Ecuador requiere un cambio de visión

Napoleón López

Universidad Nacional de Loja
napoleon.lopez@unl.edu.ec

Johana Muñoz

Universidad Nacional de Loja

Resumen

Una silvicultura planificada con asistencia técnica, exige la aptitud forestal de especies a forestar para atender necesidades de madera locales; la desordenada promoción en manos de la buena voluntad de aficionados y de la propia naturaleza, sugiere urgentes cambios de la realidad silvícola del país. Rendimientos de 6 a 10 m³/ha/año que es la producción del bosque nativo, no puede competir con rendimientos de 60 a 100 m³/ha/año de plantaciones forestales alcanzados por países vecinos; el aprovechamiento del 10 % de madera comercial por tala selectiva, procedimientos obsoletos y bajo nivel tecnológico dista mucho del 80 % alcanzado en plantaciones; la extracción selectiva del 5 % de especies comerciales de bosque, significa pérdida del 95 % de la biodiversidad al complementarse con cambios de uso del suelo. La nueva visión debe tener presente una posibilidad de generación de empleo, selección de sitios y especies, que signifique reducción de costos económicos, ambientales y sociales, que lejos de ocasionar impactos negativos, sea aliada a la conservación y disminuya la presión sobre los bosques y pérdida de la biodiversidad, a más de su aporte significativo a la reducción del calentamiento global.

Palabras claves: aprovechamiento, bosques, madera, silvicultura, tecnología.

Abstract

A planned forestry with technical assistance, requires the forestry aptitude of species to be forested to meet local wood needs; the disorderly promotion in the hands of the good will of amateurs and of the own nature, suggests urgent changes of the silvicultural reality of the country. Yields of 6 to 10 m³ /ha /year that is native forest production, can not compete with yields of 60 to 100 m³ /ha /year of forest plantations reached by neighboring countries; the use of 10 % of commercial timber by selective logging, obsolete procedures and low technological level is far from the 80 % achieved in plantations; the selective extraction of 5 % of commercial forest species means 95 % loss of biodiversity as it is complemented by changes in land use. The new vision must take into account a possibility of employment generation, selection of sites and species, which means cost reduction, economic, environmental and social, which far from causing negative impacts is allied to conservation and reduces pressure on forests and loss of biodiversity, in addition to its significant contribution to the reduction of global warming.

Keywords: harvesting, forests, wood, forestry, technology.

Introducción

La oportunidad de tratar este tema que el país y particularmente Loja (Ecuador) requiere en una época de cambio de gobierno, es oportuno contribuir a impulsar una actividad productiva, que permita aprovechar la

potencialidad forestal reconocida desde los diferentes planes de ordenamiento territorial, estudios y diagnósticos desarrollados por diferentes entidades tanto públicas como privadas. (Subcomisión Ecuatoriana PREDESUR 2003; Consejo Ambiental Regional, 2006; Gobierno Provincial Loja, 2006).

Visualizar una silvicultura productiva es hablar de mayores rendimientos, mejorar la productividad, planificar para satisfacer la demanda de madera como materia prima, pero también como una actividad productiva que puede generar empleo y reducir costos para elevar su nivel competitivo.

Es importante analizar algunos aspectos que han marcado, el poco impulso dado a esta actividad, pero más que buscar culpables es necesario hacer mea culpa, encontrar razonamientos y criterios valederos para mejorar la direccionalidad en esta actividad que cada vez va disminuyendo posibilidades por falta de acción de los actores comprometidos con su crecimiento, la responsabilidad social y ambiental a la que puede contribuir.

Por tanto, el objetivo de este análisis es cambiar la visión mantenida de una silvicultura productiva estancada, poco tecnificada, sin direccionar su aprovechamiento, semejando una producción natural. Como en muchas otras actividades el Estado, debe planificar, impulsar y desarrollar plantaciones y no seguir devastando los bosques nativos; hay que ver en la silvicultura la dinámica de generación de empleo y fuentes de trabajo en toda la cadena productiva, desde viveristas en sectores rurales a operadores en sectores industriales, desde artesanos en sectores de la economía popular y solidaria a empresarios en sectores comerciales; finalmente desde lo económico no se puede ver exclusivamente como una propuesta para el mercado y generación o ahorro de divisas, sino pensando en la reducción de costos que permita ser más competitivos en actividades complementarias, una silvicultura que lejos de tener impactos negativos sea aliada a la conservación y disminuya la presión sobre los bosques y pérdida de la biodiversidad, a más de su aporte significativo a la reducción del calentamiento global.

Mejorar rendimientos en la producción forestal

La producción y aprovechamiento forestal es el núcleo básico de la profesión forestal, que pese al avance en la formación de recursos humanos, no es suficiente y requiere del impulso del Estado y sectores productivos para desarrollar la forestación como una actividad productiva a través de los programas de forestación y reforestación, pero con objetivos claros, cultivos tecnificados y un óptimo aprovechamiento; sin embargo esta actividad ha perdido vigencia en la aplicación profesional debido a factores externos como: cambio en la política estatal para el sector forestal, la eliminación de los programas estatales de reforestación, y fomento del manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales.

Recientemente los programas de reforestación se están retomando, la reforestación con fines de protección y recuperación de áreas degradadas, es necesaria, pero también es necesaria la reforestación productiva. Atender necesidades de materia prima desde un bosque nativo, significa diez veces mayor destrucción en superficie en relación al abastecimiento que puede brindar una hectárea de bosque plantado.

El soporte tecnológico de la silvicultura para asegurar la adaptabilidad, productividad y sostenibilidad del recurso forestal, tiene que ver con los adelantos genéticos, hibridación de especies, clonación y micro propagación, que permitan masificar la propagación. En otros casos la selección de semillas y mejoramiento genético mediante huertos semilleros para obtener semilla certificada son algunos de los avances, lo cual en el Ecuador y particularmente las carreras de Ingeniería Forestal se han quedado en pequeños ensayos.

Las innovaciones tecnológicas de clonación de alta productividad, para el crecimiento de *Eucalyptus grandis* Hill, en Brasil alcanzaron a los seis años, promedios de 60 – 80 m³/ha/año y en casos excepcionales exceden 100 m³/ha/año (Nutto et. al, 2006). Mientras en Ecuador tenemos en especies de rápido crecimiento tasas entre 25-30 m³/ha/año y en especies nativas del bosque tropical 3-6 m³/ha/año, lo cual significa deforestar unas 10 veces más el bosque nativo por cada m³ de madera explotado (López et al., 2013).

Por tanto, en el campo de la producción forestal, el desarrollo genético, clonaciones, la procedencia y selección de individuos es un proceso que requiere intercambios a nivel de gobiernos, instituciones sobre los adelantos tecnológicos para la producción masiva y continua del material mejorado (semillas y clones) (Idigoras, 2016). Para lo cual hay que definir proyectos específicos como el caso celuloso.

Atención a la demanda de madera como materia prima

Después de más de una década de la política de aplicar el manejo forestal sustentable, la deforestación continúa, el informe GeoEcuador 2008, manifiesta que la tasa de deforestación en el Ecuador es del 1 %, pero el mayor impacto se da por expansión de la frontera agrícola la cual pasó de 8 a 12,3 millones de hectáreas entre 1998 y 2007, es decir, se experimentó una ampliación de 4,3 millones de hectáreas en nueve años rebasando el potencial de uso de la tierra. Esta gran problemática requiere de soluciones más allá de las disciplinas, interdisciplinarias o transdisciplinarias, inclusive por sobre los campos profesionales, pues sería inútil una discusión tratando de buscar culpables de la orientación del monocultivo hacia el mercado y no la política de soberanía alimentaria que demanda el Plan del Buen Vivir.

Las plantaciones forestales se han estancado en nuestro medio por el poco impulso a esta actividad, en la década del 90 se puso énfasis en la agroforestería comunitaria y extensión forestal participativa, que si bien creó una dinámica social, no avanzó en cuanto a rendimientos para satisfacer la necesidad de materia prima, pues el conocimiento de la propagación sobre la gran cantidad de especies nativas es limitado, sus rendimientos son bajos, a más de que la política ha sido reforestar con especies nativas con fines de protección, lo que ha desmotivado como actividad productiva.

Pese a ello las pocas plantaciones existentes reflejan su importancia, un informe del MAE 2010, indica que un 80 % de la materia prima utilizada es proveniente de plantaciones forestales, principalmente pino, eucalipto, en la sierra y balsa, teca, laurel en la costa. Por tanto, no se explica cómo se insiste en mantener una política de manejo sustentable de los bosques para aprovechamiento, en reforzar leyes y reglamentos, normas que permitan el control y sanción ante las infracciones forestales. De esta manera los ingenieros forestales lejos de ser generadores de riqueza se han convertido en controladores forestales por parte del Estado, o de regentes como legalizadores de una actividad extractiva, es hora que se haga eco de que la ingeniería viene de “*ingenius*” de demostrar creatividad, valores y compromiso con la sustentabilidad del bosque, que haciendo uso de la tecnología puede realizar control, seguimiento y monitoreo a productos del bosque garantizando un sello verde, es decir productos provenientes de bosques manejados sustentablemente, con control en terreno y no en vías o locales cuando el daño ya quedó en el bosque.

Generación de empleo en toda la cadena productiva

El avance de la tecnología en maquinaria artesanal, profesional, e industrial para el uso y transformación de la madera es asombroso en países desarrollados, donde la industria forestal a nivel internacional está en la capacidad de suministrar madera de alta calidad como: madera aserrada, tableros compuestos, madera encolada y laminada y productos madereros industriales, mediante el uso de técnicas avanzadas de colado estructural,

permitiendo, que algunos sectores importantes como la construcción de vivienda pueda competir con el hormigón y acero (Peraza, 2008). La producción de tableros puede atender una amplia rama en los sectores de carpintería, muebles y artesanías que hoy utilizan tableros como materia prima.

Esto sin contar con la industria de celulosa y sus derivados, en los cuales la ingeniería forestal aportaría no solo en la materia prima sino, un cambio en matriz productiva y producción de pulpa para papel y celulosa que hoy tienen que importarse, a más de la importante generación de empleo tanto en actividades de campo: siembra, mantenimiento, aprovechamiento y transporte, como en actividades industriales y posteriores actividades complementarias de productos, artesanales, mobiliario, vivienda, y otras actividades conexas que complementan los productos madereros.

Reducción de costos por mejor tecnología, mayor aprovechamiento y asistencia técnica forestal

El retraso tecnológico en el Ecuador no ha pasado del mal uso de la motosierra como herramienta de aserrado primario y de los talleres obsoletos con maquinaria muchas veces hechizas con alto desperdicio y baja calidad, que más bien constituyen una demostración de lo que no se debe hacer. En este contexto, el conocimiento de la madera ha quedado relegado y son pocas las especies que cuentan al menos con estudios básicos para su utilización. El desconocimiento en cuanto a sus propiedades como materia prima ha hecho que solo las especies con mayor tradición en uso sean las comercializadas poniendo en peligro la extinción de estas especies valiosas como: cedro, nogal, almendro o caoba entre otras. El Informe GeoEcuador 2008, señala que menos del 5% de las especies nativas de árboles se aprovechan en la Amazonia, alrededor de un 30% en los Andes y un 15% en el Noroccidente. De esta manera, desde el punto de vista del consumo y aprovechamiento tecnológico la gran mayoría de las especies maderables son subutilizadas.

El gran desperdicio de madera puede alarmar en algunos sectores, pero como forestales hay que estar conscientes de lo que realmente sucede en cuanto al aprovechamiento forestal, el informe de evaluación nacional forestal (MAE, FAO-Ecuador, 2014), refleja que en bosques de la baja amazonia se tiene un 26 por ciento de biomasa en árboles mayores a 60 cm de DAP, el resto es del rango de 10 a 59 cm, un porcentaje del 74 % que poco a poco se destruye para realizar el cambio de uso de suelo al no funcionar el control del MFS, que únicamente legaliza la extracción de madera. El volumen comercial en bosques de la Amazonia es de 29,7 %, madera en pie para licenciamiento del MAE que da por aprovechado el 50 %; es decir queda un 15 % para volumen movilizado. Luego del procesamiento para trabajabilidad por variabilidad dimensional de la madera y uso de tecnología inadecuada en aserrado principalmente motosierra se pierde otro 50 % (López et al., 2016), finalmente queda 7,5 % de volumen aprovechado, en el mejor de los casos se aprovecha un 10 % siendo optimistas. La pregunta es ¿cuánto dinero representa, cuántos empleos se puede generar con el 90 % de materia prima que hoy se desperdicia? Existen experiencias de plantaciones donde ocurre lo contrario, caso Paraguay 80 % de aprovechamiento en plantaciones de 10 años y el 20 % en productos energéticos (Instituto Forestal Nacional, 2014).

Es importante que se dé facilidades para que sectores productivos, pequeña, mediana y sectores artesanales incorporen tecnología, lo cual no incrementa sino reduce costos, se brinde capacitación para generar nuevas fuentes de trabajo, la sana competencia también implica reducir costos, evitar el alto desperdicio implica bajar costos y atender necesidades de mobiliario, vivienda con una actividad proveniente de la industria verde, implica reducción costos sociales y ambientales, frente a la industria metalúrgica o de plásticos.

Respecto a planes y políticas de reforestación ya sea productiva o de protección en manos de gobiernos

descentralizados, puede resultar más económica; pero esa no es una silvicultura, ordenada, organizada, ni técnicamente manejada que permita reducir costos de aprovechamiento, la ingeniería forestal está en condiciones de realizar todo el proceso productivo, hace falta la ejecución de los planes propuestos a nivel local, regional o nacional, pues la meta de reforestación de un millón de hectáreas en 20 años del PNFR (Guzmán, 2014), sigue esperando.

Una meta menos ambiciosa de únicamente el 10 % de la del 2020, 100 000 ha en los próximos cinco años, si se considera contratos de 1000 ha (200 ha/año), se aseguraría trabajo para 100 profesionales forestales. Aun con una meta del 1%, pueden funcionar proyectos de forestación para tableros MDF, generando 100 empleos directos y 1000 indirectos (López 2017). Para esto hay que incorporar la propuesta de elevar rendimientos, no se puede instalar viveros que utilicen la primera semilla que encuentran, se requiere producir material vegetal certificado, por laboratorios de propagación vegetal que deben estar funcionando junto a Carreras de Ingeniería Forestal, incrementando el trabajo; la generación de empleo es en toda la cadena productiva de la madera con empleos nuevos que se generan al desarrollar esta actividad. Posiblemente va a reducir costos, pero requiere impulso como es el riego en la agricultura, fertilización subsidiada y asistencia técnica pública o privada que garantice una actividad productiva rentable y con perspectiva de desarrollo (López et al., 2015).

Indirectamente, crecen otros sectores de provisión de víveres, transporte y luego comercios que complementan la actividad con insumos y herramientas como ferreterías, pinturas, transportes y el propio comercio de productos terminados.

La participación de la ingeniería forestal

La Ingeniería forestal frente a la tensión de un aprovechamiento extractivista del bosque, puede generar cambios en la matriz productiva incorporando valor agregado a los productos del bosque, incrementando la productividad con aprovechamiento de un mayor número de especies que requieren conocimientos tecnológicos, elevando el nivel de rendimiento frente a problemas de desperdicio y aplicando técnicas de explotación de bajo impacto, pero por sobre todo considerar reducción de costos con lo cual se tendrá una actividad muy competitiva. (López et al., 2015).

Junto a las propuestas de grandes industrias que requiere el país está la industria de pulpa y aunque al momento no se ha invertido en este campo, se tiene previsto como una industria competitiva por las condiciones climáticas y ubicación del Ecuador, al momento se cuenta con estimaciones requeridas de 821 millones en inversiones de cultivos de plantaciones forestales y 2000 millones en una planta industrial con una balanza comercial de 504 millones de dólares por exportaciones.

Esta visión únicamente económica, debe ser impulsada también como contribución en mitigación del cambio climático, pues las plantaciones estarán capturando CO₂ y sus productos almacenando carbono en el largo plazo. También como fuente de trabajo para miles de ecuatorianos que junto a ingenieros forestales pueden ayudar en la identificación de tierras de aptitud forestal, las especies de mejores rendimientos, las zonas aptas para diferentes proyectos; en fin gran parte del desarrollo forestal del Ecuador depende del impulso que se dé a esta actividad y a otras del sector maderero que permitan proveer la materia prima desde plantaciones y no desde el bosque nativo que resulta una actividad más destructiva con pérdida de la biodiversidad y alteración de la funcionalidad ecológica esto sería un verdadero cambio a la matriz productiva en la que habrá una participación activa de los ingenieros forestales.

La zona 7 región sur del Ecuador conformada por las provincias de: Loja, El Oro y Zamora Chinchipe, aún conserva unas 550 000 ha de bosque y matorrales, superficie que ha incrementado en los últimos años, los pastos cultivados llegan a medio millón de hectáreas y los pastos naturales 400 000 ha, mismos que han disminuido en la última década en un 20 %. Sin embargo, el 49,88 % de la superficie zonal tiene potencial para la conservación (NCI, 2012).

Dadas las condiciones de aptitud forestal de la provincia de Loja, parte alta del EL Oro y Zamora Chinchipe, la zona 7 puede muy bien contribuir a impulsar un proyecto que aporte a la industria estratégica de celulosa, aglomerados o MDF, se requiere prever un cambio en la matriz productiva antes del agotamiento de los bosques nativos productores como ya ha ocurrido en Loja y El Oro. Estrategia ya planteada dentro del sector: ECONOMIA SOCIAL: Matriz productiva: Producción forestal: aglomerados y celulosa. (PNBV 2009-2013 Tendencias Zona 7).

Estudios efectuados entre 1992 y 1995 por el Plan Hidráulico de Loja, complementados y actualizados por la Subcomisión Ecuatoriana – **PREDESUR** entre el 2001 y 2003, estiman que alrededor del 40 % de la superficie provincial de Loja, es decir aproximadamente unos 4000 km², presentan un alto grado de degradación del suelo. Se ha determinado que esta provincia tiene una superficie de 598 000 ha de terrenos de vocación forestal, por lo cual el Megaproyecto de Repoblación Forestal (2003) planificó una reforestación de 200 000 ha en la provincia de Loja y 100 000 ha en la parte alta de El Oro, esto significa un alto potencial productivo de la actividad forestal en la zona 7.

El 99 % de la madera que se comercializa en las ciudades de Zamora, Loja, El Oro y otras de la región sur, proviene de los bosques nativos de Zamora Chinchipe, más del 50 % en forma ilegal. Las especies valiosas como el guayacán *Handroanthus cbrysantha*, yumbingue *Terminalia amazonia*, seique *Cedrellinga cataeniformis*, cedro *Cedrela odorata*, están en amenaza de extinción y ahora solo se extraen maderas de encofrado como los higuerones *Ficus sp*, sangre de gallina *Vismia sp*. Cada vez el colono dedicado a la extracción de la madera debe ir más lejos para conseguir árboles para la explotación maderera (Wunder, 1996).

Las cifras de aprovechamiento de madera proveniente o autorizada en la provincia de Loja en el período 2007-2009 en un 80 % corresponden a madera de plantaciones y alcanzan un promedio de 60 000 m³ por año, que representa 2,27 % del total nacional (MAE, 2010).

Es necesario que frente a esta enorme riqueza el Estado fortalezca sus instituciones que hagan cumplir la ley, pero también las instituciones locales a fin de que puedan ser partícipes de una inversión pública necesaria en todos los ámbitos y no únicamente en obras de infraestructura.

Conclusiones

La producción forestal es una actividad que requiere ser fortalecida en el país bajo una silvicultura tecnificada, que logre elevar rendimientos en las plantaciones, disminuir costos en aprovechamiento y un abastecimiento de materia prima para el cambio de la matriz productiva con proyectos productivos para dar valor agregado a la madera, junto a los sectores de economía popular y solidaria, democratizar los medios de producción de forma descentralizada, dar impulso al desarrollo local, que incluya a los propietarios de tierras.

Una verdadera revolución forestal será cortar el abastecimiento de materia prima para el sector maderero desde el bosque nativo y que las industrias pasen luego a desarrollar sus propias plantaciones, como en efecto algunas

ya lo están realizando. Así no necesitaremos un ejército de control en carreteras, una policía ambiental de resguardo y un profesional forestal dedicado a legalizar la actividad extractivista; necesitamos un profesional generador de nuevas fuentes de trabajo y esa posibilidad la da una reforestación técnicamente dirigida.

Considerando la aptitud forestal del país y de la zona 7, debe emprenderse proyectos de reforestación productiva orientados a satisfacer demandas de materia prima para industrias básicas como tableros aglomerados o MDF, inclusive madera aserrada, toda vez que la provisión de madera de bosque nativo está llegando a su límite, esto permitirá dinamizar la actividad económica, fuentes de trabajo y una necesidad de talentos humanos no solo forestales, sino en otras profesiones que puedan complementar la actividad.

Las condiciones favorables del Ecuador en cuanto a la actividad forestal, requieren un cambio en la política extractivista, es preferible el abastecimiento de materia prima desde plantaciones forestales con especies de alto rendimiento, que deforestar diez veces más de superficie con bosques nativos para satisfacer la demanda de madera, con la consiguiente pérdida de la biodiversidad y alteración de procesos naturales que finalmente terminan en cambios de uso del suelo, con lo cual se pierde la ansiada sustentabilidad del bosque.

Bajo el cambio de visión y políticas de Estado se puede dar impulso a la actividad forestal y promover su fomento considerando la aptitud forestal de la especie, índices de sitio, concentrada en zonas de mejor aptitud. Se requiere de una acción planificada y organizada, y no una forestación promovida a los cuatro vientos, sembrando cualquier tipo de semilla donde caiga, se requiere de proyectos puntuales con objetivos claros, como se ha dado impulso a proyectos específicos en otros sectores, ya sea hidroeléctrico, de hidrocarburos o de infraestructura. Solo así la silvicultura se convertirá en el puntal para un Ecuador Forestal con una importante contribución a la reducción del calentamiento global.

Referencias

- Consejo Ambiental Regional. (2006). *Plan Estratégico Ambiental Regional*. GPL-GPZCH. Loja.
- Gobierno provincial de Loja. (2006). *Programa Forestal de la Provincia de Loja*. Loja-Ecuador.
- Instituto Nacional Forestal. (2014). *La rentabilidad de la inversión en plantación de Eucalyptus con fines maderables*. Recuperado de: www.infona.gov.py.
- Flacso-Andes-PNUMA, (2008). Informe de estado del medio ambiente. *Geo Ecuador 2008*. Recuperado de: www.flasoandes.edu.ec/libros/digital414444.pdf.
- Guzmán D. (2014). La Institucionalidad Forestal Productiva en el Ecuador. Estudio de caso Programa Forestal. Flacso. *Tesis Maestría. Estudios Socioambientales*.
- López N, Sinche L, Lozano D, Maza H, Medina J, Largo R, (2015). *Demanda ocupacional de la Ingeniería Forestal. Rediseño CIF. N° 2. UNL-Loja*, p. 54
- López et al. (2013). *Zonas de aptitud forestal para Eucalyptus saligna en la provincia de Loja. Proyecto UNL*

- López N, Yucta F, Caraguay K. y Minga R. (2016). La variabilidad dimensional y defectos de secado afectan el rendimiento en proceso de cepillado de madera de *Eucalyptus saligna*. *Bosque* 37 (1) pp.169-178. Chile. Recuperado de: www.revistabosque.cl.
- MAE, FAO-Ecuador, (2014). *Evaluación Nacional Forestal*. Resultados. Recuperado de: www.ambientegobec.gov.ec/www/faooegec, p327.
- Idigoras G. 2016. *Análisis tecnológicos prospectivos sectoriales*. Complejo Foresto-industrial. Argentina. Recuperado de: www.mincyt.gov.ar/adjuntos/archivos/000/047/0000047562.pdf.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2010). *Aprovechamiento de los Recursos Forestales 2007 - 2009*. Quito, Ecuador.
- NCI (Naturaleza y Cultura Internacional) (2012). *Información Institucional*. Loja
- Nutto L. P. Spathelf, I. Seling, 2006. *Management of individual tree diameter growth and implications for pruning for Brazilian Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *FLORESTA*, Curitiba, 36(3): pp.397-413.
- Peraza, (2008). *Mercado: control en producción de tableros*. Recuperado de: http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_5336_2527478.pdf.
- Subcomisión Ecuatoriana PREDESUR, (2003). Megaproyecto de repoblación forestal de 300000 ha en la provincia de Loja y parte alta de El oro. *Resumen Ejecutivo*. Loja.22 Recuperado de: www.sectoresestrategicos.gob.ec.
- Wunder S. 1996. *Los caminos de la madera*. PROBONA. Quito, Ecuador. 423 p. Recuperado de: <http://www.catie.ac.cr>.

Evaluación multitemporal de la deforestación en Áreas Protegidas de la provincia de Esmeraldas, Ecuador

Argenis Montilla Pacheco

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
argenismontilla@hotmail.com

Ingrid Shirley Zurita Alfaro

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Ingrid.zurita@uleam.edu.ec

Resumen

El estudio evalúa a través del empleo de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sensores Remotos la deforestación en diferentes momentos históricos en las áreas protegidas de la provincia de Esmeraldas, Ecuador. Los objetivos propuestos se orientaron a estudiar la deforestación y calcular las tasas en tres períodos, 1990 - 2000, 2000 - 2008 y 2008 - 2014 para cada una de las áreas protegidas. La metodología consistió en el uso de capas de áreas deforestadas digitalizadas por el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura de Ecuador, quienes generaron las mismas para todo el país, utilizando imágenes Landsat, Aster y Rapideye y herramientas de Sistemas de Información Geográfica. Como resultado se encontró que la deforestación ha sido especialmente importante en los dos primeros cortes cronológicos, mientras en el tercero hubo una disminución significativa. Por lo anterior, resulta de mucho valor, seguir desarrollando estudios sobre este mismo aspecto, con miras a monitorear el comportamiento de la deforestación y tomar las acciones necesarias en pro de la preservación de la cobertura vegetal, para lo cual, se sugiere emplear tecnologías de información geográfica, pues se ha demostrado que su utilización en estudios de este tipo produce excelentes resultados.

Palabras claves: Bosques, Deforestación, Sistemas de Información Geográfica.

Abstract

The study assessed through the use of tools of Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing, deforestation in different historical moments in the Protected Areas of the province of Esmeraldas, Ecuador. The proposed objectives were oriented to study and calculate deforestation rates in three periods, 1990 - 2000, 2000 - 2008 and 2008 - 2014 for each of the Protected Areas. The methodology involved using layers of deforested areas scanned by the Ministry of Environment and the Ministry of Agriculture of Ecuador, who generated the same for the entire country, using Landsat, Aster and Rapideye tools and Geographic Information Systems. As a result it was found that deforestation has been especially important in the first two chronological sections, while for the third, there was a significant decrease. Therefore, it is of great value, further develop studies on the same, in order to monitor the behavior of deforestation and take the necessary actions for the preservation of plant cover, for which, I suggest using technology geographical information, as it has been shown that use in such studies produces excellent results.

Keywords: Deforestation, Forest, Geographic Information Systems.

Introducción

Los bosques constituyen un ecosistema de singular interés, pues dentro de sus funciones proveen importantes cantidades de oxígeno y secuestran carbono de la atmósfera, contribuyendo en la disminución de la contaminación del aire y mitigando el calentamiento global (Karnosky, *et al.*, 2001; Percy, *et al.*, 2013). Además, controlan procesos hidrológicos en cuencas, evitan la erosión y ofertan servicios ambientales al brindar frutos, madera, espacios para la recreación, el descanso y el turismo.

La situación de los bosques en el mundo acusa serios compromisos (Van der Hammen, 1995), pues la deforestación pareciera no tener freno ante el avance desmedido de quienes procuran su utilización y los aprovechan con poco sentido de racionalidad (ONU, 2005). Así, en Ecuador, los bosques han sufrido una importante reducción que es necesario conocer y monitorear permanentemente, pues la tasa de deforestación avanzó aceleradamente hasta el año 2000 (FAO, 2000), y de forma especial en Esmeraldas, donde la madera se extrae de bosques nativos y plantaciones forestales (Fundación Natura, 1998).

El Ministerio del Ambiente de Ecuador (2012a), reporta que Esmeraldas tenía un remanente boscoso de 500.000 hectáreas en el año 2008, no obstante, esa cifra ha disminuido, pues se pierden cada año cerca de 12.000 hectáreas por la deforestación, sin embargo, esta situación pareciera controlarse, fundamentalmente a partir de los últimos años con el establecimiento de mecanismos jurídicos, como también con los incentivos económicos que promueve el programa Sociobosque desde el año 2008, con miras a preservar los ecosistemas boscosos de Ecuador.

Sobre la base de lo planteado, este trabajo tiene como propósito estudiar el proceso de deforestación y las tasas de deforestación en las Áreas Protegidas de Esmeraldas, y persigue, además, sugerir estrategias para un mejor uso de los recursos naturales. El mismo se hace a partir de la información generada por el Ministerio del Ambiente de Ecuador, quien empleó tecnologías de Sistemas de Información Geográfica y sensores remotos para generar una amplia base de datos de deforestación, cobertura vegetal y cambios de uso de la tierra, tanto en términos temporales como espaciales para todo el país.

Importancia del problema

Los bosques han estado amenazados por la degradación incontrolada, expresada en el reemplazo de matrices boscosas por otros tipos de cobertura (Centeno, 1996), tales como pastizales y cultivos, impulsado por el aumento de la población y la consecuente demanda de productos para satisfacer sus necesidades. En ese contexto, los cambios del paisaje y el comportamiento de los bosques frente a la deforestación han sido objeto de estudios en distintas partes del mundo (Valecillo-Rodríguez, 2009; Cayuela, 2006; Montilla, 2012). Inicialmente dichos estudios se hacían con el apoyo de mapas, fotografías aéreas y actividades de campo. Hoy día, gracias a la disponibilidad de potentes plataformas tecnológicas, éstos resultan más precisos, relativamente más económicos y se culminan en menor tiempo.

A raíz del surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica, la evaluación de la deforestación y el comportamiento de la cobertura vegetal puede hacerse de forma integral (Bosque, 2001; Lillesand *et al.*, 2004; Chuvieco, 2007), incluso aplicando herramientas de modelaje que facilitan la toma de decisiones en torno al manejo y conservación de los recursos naturales y los ecosistemas. Dentro del modelaje espacial, la superposición o cruce de capas cartográficas es una de las técnicas más potentes (Díaz y Meza, 2011). Ésta permite identificar atributos de áreas de ocupación del suelo y en definitiva caracterizar el paisaje. Cuando se trabajan series multitemporales, la importancia de esta técnica cobra más relevancia, pues permite conocer la

proyección y tendencias de cambios en la estructura del paisaje. Además, posibilita cuantificar áreas deforestadas y estimar tasas anuales de deforestación.

Metodología

Para abordar el trabajo se llevaron a cabo procesos analítico-espaciales mediante el empleo de un Software de Sistemas de Información Geográfica. Se utilizaron las capas cartográficas del Proyecto “Mapa Base de Deforestación Histórica del Ecuador” escala 1:100.000, realizado por el Ministerio del Ambiente (MAE) a partir de imágenes de satélite Landsat y Aster que tuviesen la menor cobertura de nubes posibles para los años 1990, 2000, 2008. Adicional a ello se contrastó con la información cartográfica del proyecto “Generación del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, escala 1:100.000, 2013-2014” que desarrollaron el Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Pesca (MAGAP) en conjunto con el Ministerio del Ambiente (MAE) a partir del uso de imágenes Landsat y Rapideye; dando lugar así a la obtención de una gama de datos que nos permiten comparar a lo largo del tiempo. Toda esta información fue analizada espacialmente con información cartográfica de las Áreas Protegidas de la provincia de Esmeraldas, de fuente del Ministerio del Ambiente.

La tasa de deforestación es un indicador que permite medir el grado de transformación del paisaje y la destrucción de la cobertura vegetal en un lugar determinado y por un tiempo dado (Montilla, 2012). Por tanto, para estimar dicha tasa se utilizó la siguiente ecuación propuesta por Pozzobon y Osorio (2002):

$$Td = \frac{(A1 - A2)}{(A1 \times n)} \times 100$$

Donde:

A1 es superficie boscosa en el momento inicial, expresado en hectáreas

A2 es superficie con bosque al final del período expresado en hectáreas

n es el período de tiempo en número de años entre A1 y A2.

Características del área de estudio

La provincia de Esmeraldas se localiza en la parte noroccidental del Ecuador, su capital es la ciudad homónima, situada sobre la costa del Pacífico (figura 1). Astronómicamente está ubicada entre las coordenadas geográficas 1° 27' 11" N y 0° 6' 54" S; 78° 25' 40" W y 80° 5' 57" W. Su mayor altitud es de 3.400 msnm en la parte oriental, donde hace límite con la provincia de Imbabura. Comprende siete cantones, Esmeraldas, Atacames, Eloy Alfaro, Muisne, Quinindé, Río Verde, y San Lorenzo.

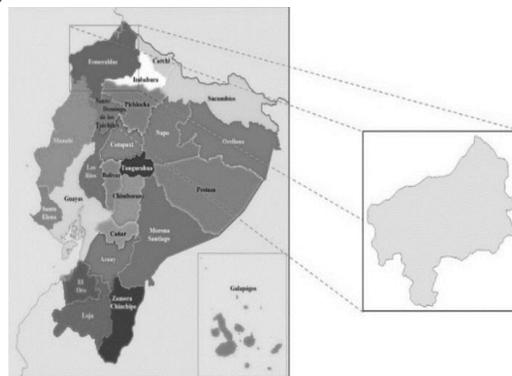


Figura 1

Ubicación de la provincia de Esmeraldas en la República de Ecuador.

Fuente: El mapa de Ecuador fue tomado de <http://www.luventicus.org/mapas/ecuador.html>

La provincia tiene una superficie total de 1.613.200 hectáreas sobre la que se asienta una población de 534.092 habitantes según el censo 2010 (INEC, 2010), de lo cual resulta una densidad demográfica de 33,10 hab/km². La población económicamente activa (PEA) está conformada por 186.989 individuos, de éstos, 34.483 (18,4%), se dedican al sector primario, fundamentalmente en labores agrícolas.

Por su ubicación astronómica, Esmeraldas está sometida a la influencia de la convergencia intertropical (Ministerio del Ambiente, 2013), responsable de los elevados montos de lluvia anual y que explican la presencia de grandes formaciones boscosas. En la figura 2, puede observarse el comportamiento de la precipitación anual; así, para la estación Cayapas el monto medio es de 3.219 mm y para la estación Muisne de 1.661 mm. Aunque hay una diferencia significativa entre los valores anuales para cada estación, en general, de acuerdo al Índice de Humedad de Thornthwaite, su clima es húmedo.

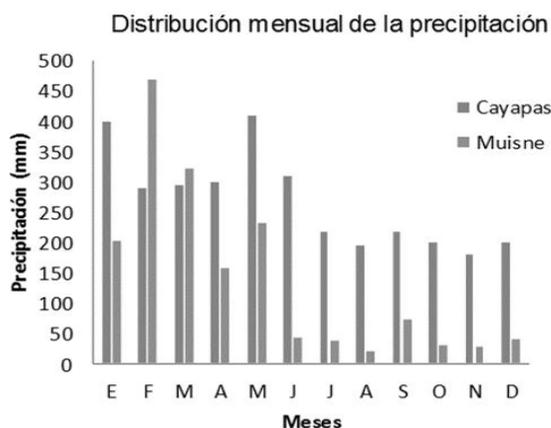


Figura 2

Distribución mensual (mm) de la precipitación en las estaciones Muisne (código 153) y Cayapas (código 154), provincia de Esmeraldas, Ecuador

Fuente: Datos tomados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2015). Elaboración propia

Esmeraldas posee una gran superficie cubierta por vegetación boscosa, la mayor parte por bosques siempreverdes, y en menor cantidad por bosques siempreverdes estacionales y semidecíduos (Ministerio del Ambiente 2013). En ese sentido, las Áreas Protegidas presentan bosques siempreverdes y siempreverdes estacionales.

La mayor de las Áreas Protegidas de Esmeraldas es la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, comprende 243.638 hectáreas que comparte con Imbabura, pero la parte que está sobre Esmeraldas, según nuestros cálculos, abarca 195.652 hectáreas. Otras Áreas Protegidas son la Reserva Ecológica Mache Chindul con 119.000 hectáreas, de las cuales 82.930 están sobre Esmeraldas y el resto sobre la provincia de Manabí, el Refugio de Vida Silvestre El Pambilar con 3.108 hectáreas; la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje con 47.489 hectáreas y el Refugio de Vida Silvestre La Chiquita, con 811 hectáreas (Figura 3).

Figura 3. Mapa de ubicación de las principales Áreas Protegidas en la provincia de Esmeraldas, Ecuador. 1: Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, 2: Reserva Ecológica Mache Chindul, 3: Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, 4: Refugio de Vida Silvestre El Pambilar, 5: Refugio de Vida Silvestre La Chiquita.

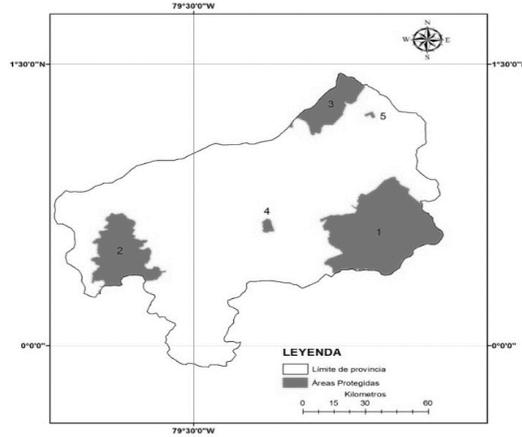


Figura 3

Mapa de ubicación de las principales Áreas Protegidas en la provincia de Esmeraldas, Ecuador

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Esmeraldas tenía en el año 2008 una cobertura boscosa de unas 500.000 hectáreas (Ministerio del Ambiente, 2012b), buena parte de ésta dentro de Áreas Protegidas que están intervenidas y en ellas se han encontrado zonas deforestadas a lo largo de los tres cortes temporales estudiados, lo que pone en evidencia que la deforestación en la provincia se ha desarrollado sin discriminación, pues se ha producido en Áreas Protegidas y no protegidas. Este hecho se corrobora, cuando se encontraron importantes superficies boscosas deforestadas entre 1990-2000; 2000-2008; y 2008-2014, precisamente después que dichas áreas se constituyeron como tales.

En la *Tabla 1* se ven las fechas de creación de las Áreas Protegidas, en la mayoría es posterior a los años considerados para este trabajo, a excepción de la RE Cotacachi Cayapas que es de creación más antigua, y el RVS El Pambilar, que es de creación más reciente, pero que antes de constituirse como tal, ya presentaba algunas áreas deforestadas.

Tabla 1

Áreas Protegidas de la provincia de Esmeraldas, Ecuador

Área protegida	Fecha de creación
Refugio de Vida Silvestre El Pambilar	18/03/2010
Refugio de Vida Silvestre La Chiquita	30/01/2003
Reserva Ecológica Mache Chindul	09/08/1996
Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje	26/10/1995
Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas	29/08/1968

Fuente: Ministerio del Ambiente de Ecuador (2015)

Superficie deforestada en las áreas protegidas entre 1990 y 2000

La deforestación en la provincia de Esmeraldas entre 1990 y 2000 fue de 146.485 hectáreas, que representa un valor promedio anual de 14.648 hectáreas, mientras que para las cinco Áreas Protegidas, en el mismo periodo fue de 7.280 hectáreas, donde los bosques fueron reemplazados por cuatro tipos de cobertura (cuadro 2). De esa cantidad deforestada, resulta entonces para cada año un promedio de 728 hectáreas, cifra realmente muy elevada, pues representa el 5% del total que se pierde anualmente en la provincia, más aun si se considera que

se trata de Áreas Protegidas.

Tabla 2

Superficie deforestada por Área Protegida entre 1990 y 2000, con los cambios hacia otros tipos de cobertura

Área Protegida	Superficie deforestada entre 1990 y 2000 (ha)	Cambios de bosques a otros tipos de cobertura			
		A pastizal (ha)	A mosaico agropecuario (ha)	A suelos sin cobertura vegetal (ha)	A cuerpos de agua artificiales
RVS El Pambilar	96	35	61	0	0
RVS La Chiquita	16	0	16	0	0
RE Mache Chindul	5.999	900	5.071	8	20
RE Manglares Cayapas Mataje	1.126	73	727	86	240
RE Cotacachi Cayapas	43	6	37	0	0
Totales	7.280	1.014	5.912	94	260

RVS: Reserva de Vida Silvestre

RE: Reserva Ecológica.

Fuente: Estimaciones realizadas por los autores a partir de las capas temáticas digitalizadas por el Ministerio del Ambiente de Ecuador, (2012).

De la tabla anterior, puede señalarse que la mayor parte de la superficie deforestada en el periodo, es decir 81%, fue ocupada por áreas de mosaico agrícola, seguido de las áreas de pastizales con 14%, y en menor cuantía por los cuerpos de agua artificiales y suelos sin cobertura en 3,5% y 1,5% respectivamente. La superficie que ocuparon los cuerpos de agua artificiales para el período 1990-2000 en la Reserva Ecológica Mache Chindul, que fue de 20 hectáreas, tiene relación con los requerimientos de almacenaje de este recurso para fines agrícolas, como también para el consumo de ganado; mientras que para la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, donde se cuantificaron 240 hectáreas que pasaron de bosque de mangle a cuerpos de agua artificiales están asociados fundamentalmente a la construcción de camaroneras, situación que corrobora la Fundación Natura (1998), cuando señala que para el año 1970 ya el 14% de los manglares del país habían sido convertidos en piscinas de crianza de camarones.

En la *figura 4* se observan las cinco Áreas Protegidas de la provincia de Esmeraldas, y en cada una de ellas las áreas deforestadas en el periodo en análisis.

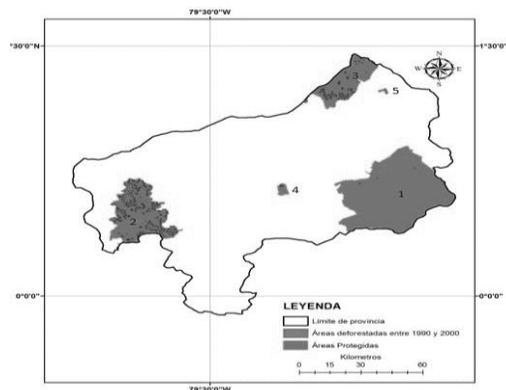


Figura 4

Mapa con áreas deforestadas (rojo) sobre Áreas Protegidas (verde). Periodo 1990-2000 1: Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, 2: Reserva Ecológica Mache Chindul, 3: Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, 4: Refugio de Vida Silvestre El Pambilar, 5: Refugio de Vida Silvestre La Chiquita

Fuente: Elaboración propia

Superficie deforestada en las Áreas Protegidas entre 2000 y 2008

Esmeraldas registró la mayor deforestación anual promedio entre todas las provincias del Ecuador, con valores de 13.197ha/año para el período 2000-2008 (Ministerio del Ambiente, 2012). De esa misma forma, sus Áreas Protegidas presentaron altos valores de deforestación que pudieran guardar relación con lo que señalan Sierra y Stalling (1998), cuando acusaban la presencia de actividades de extracción comercial de madera, en especial, en unidades productivas de pequeña escala impulsados por las necesidades económicas locales, como por ejemplo la manutención familiar, falta de oportunidades de empleo y la ausencia de fuentes de ingresos alternas, de forma tal, que la tala de bosques con fines comerciales se ha impuesto como actividad económica en toda la provincia Esmeraldeña.

Respecto a la Áreas Protegidas se encontró una deforestación muy alta, incluso mayor a la del período 1990-2000, la misma alcanzó 9.394 hectáreas que pasaron a distintos tipos de cobertura. El Área Protegida con más deforestación fue la Reserva Ecológica Mache Chindul con 6.407 hectáreas, le siguen la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas con 1.690 y la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje con 1.159 hectáreas deforestadas (figura 5). Por su parte la Reserva de Vida Silvestre La Chiquita, aunque no presentó cifras muy elevadas de deforestación, registró un aumento de 120 hectáreas, al pasar de 16 en el periodo 1990-2000 a 136 en el periodo 2000-2008; y la Reserva de Vida Silvestre El Pambilar que disminuyó de 16 a solamente 2 hectáreas en los periodos ya mencionados (cuadro 3).

Tabla 3

Superficie deforestada por Área Protegida entre 2000 y 2008, con los cambios hacia otros tipos de cobertura.

Área Protegida	Superficie deforestada entre 2000 y 2008 (ha)	Cambios de bosques a otros tipos de cobertura				
		A pastizal (ha)	A mosaico agropecuario (ha)	A suelos sin cobertura vegetal (ha)	A cuerpos de agua artificiales (ha)	A áreas pobladas (ha)
RVS El Pambilar	2	0	2	0	0	0
RVS La Chiquita	136	0	136	0	0	0
RE Mache Chindul	6.407	443	5.962	1	0	1
RE Manglares Cayapas Mataje	1.159	52	436	550	112	09
RE Cotacachi Cayapas	1.690	0	1.690	0	0	0
Totales	9.394	495	8.226	551	112	10

RVS: Reserva de Vida Silvestre

RE: Reserva Ecológica

Fuente: Estimaciones realizadas por los autores a partir de las capas temáticas digitalizadas por el Ministerio del Ambiente de Ecuador, (2012)

Es importante destacar, en cuanto a los cambios de cobertura ocurridos tras la deforestación, que la mayor parte corresponde a mosaicos agropecuarios, en ese sentido un total de 8.226 hectáreas que estaban cubiertas por bosques pasaron a ser tierras de uso agrícola. Otros tipos de cobertura que surgieron después de la deforestación son las áreas de pastizales, suelos sin cobertura vegetal, cuerpos de agua artificiales y áreas pobladas, a razón de 495, 551, 112 y 10 hectáreas respectivamente. Al comparar estos resultados con los del periodo 1990-2000, se encontró como hecho común que los cambios han sido mayormente de bosques a coberturas de uso agrícola.

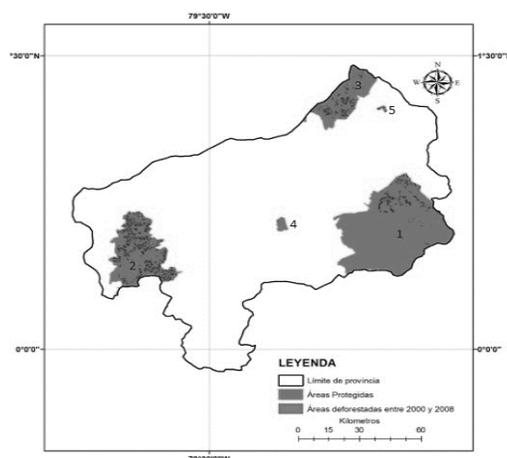


Figura 5

Mapa con áreas deforestadas (rojo) sobre Áreas Protegidas (verde). Período 2000-2008. 1: Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, 2: Reserva Ecológica Mache Chindul, 3: Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, 4: Refugio de Vida Silvestre El Pambilar, 5: Refugio de Vida Silvestre La Chiquita

Fuente: Elaboración propia

Superficie deforestada en las Áreas Protegidas entre 2008 y 2014

Para este periodo, los resultados demuestran que la deforestación en la provincia fue de 5.476 hectáreas por año, esto refleja un notable descenso respecto a la deforestación del periodo 2000-2008 que fue de 12.485 hectáreas por año. Si se comparan los valores de ambos periodos se tiene una disminución de 7.009 hectáreas. Este descenso resulta de mucho valor, más aún cuando se encontró que Esmeraldas pasó del primero al segundo lugar en deforestación entre todas las provincias del país.

En lo que respecta a las Áreas Protegidas, para este último corte temporal, se tiene una deforestación de 4.471 hectáreas. De este valor, la mayor parte corresponde a las Reservas Ecológicas Mache Chindul y Manglares Cayapas Mataje con 2.365 y 1.676 hectáreas deforestadas respectivamente. Para el resto de las Áreas Protegidas, la situación fue distintita, pues la Reserva de Vida Silvestre El Pambilar registró 160 hectáreas, a razón de 23 hectáreas por año, y para la Reserva de Vida Silvestre La Chiquita, y la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas no hubo deforestación (*Tabla 4 y figura 6*).

Tabla 4

Superficie deforestada por Área Protegida entre 2008 y 2014

Área Protegida	Superficie deforestada entre 2008 y 2014 (ha)	A pastizal (ha)	Cambios de bosques a otros tipos de cobertura			
			A mosaico agropecuario (ha)	A suelos sin cobertura vegetal (ha)	A cuerpos de agua artificiales (ha)	A áreas pobladas (ha)
RVS El Pambilar	160	SD	SD	SD	SD	SD
RVS La Chiquita	0	SD	SD	SD	SD	SD
RE Mache Chindul	2.635	SD	SD	SD	SD	SD
RE Manglares Cayapas Mataje	1.676	SD	SD	SD	SD	SD
RE Cotacachi Cayapas	0	SD	SD	SD	SD	SD
Totales	4.471	SD	SD	SD	SD	SD

RVS: Reserva de vida silvestre. **RE:** Reserva ecológica. **SD:** Sin Datos.

Fuente: Estimaciones realizadas por los autores a partir de las capas temáticas digitalizadas por el Ministerio del Ambiente de Ecuador, (2015)

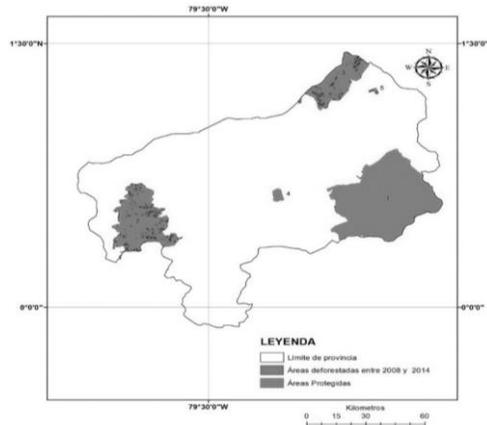


Figura 6

Mapa con áreas deforestadas (rojo) sobre Áreas Protegidas (verde). Periodo 2008-2015. 1: Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, 2: Reserva Ecológica Mache Chindul, 3: Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, 4: Refugio de Vida Silvestre El Pambilar, 5: Refugio de Vida Silvestre La Chiquita

Fuente: Elaboración propia

En relación a los cambios de cobertura, hasta 2017 el Ministerio del Ambiente de Ecuador no dispone de información, por tanto, sería de gran valor estar atentos ante la publicación de los mismos e incorporarlos en futuros trabajos, sin embargo, por las condiciones naturales de la provincia, y en base a los hallazgos para los dos primeros periodos estudiados, es lógico pensar que la mayor parte de cambios se dieron hacia mosaicos agropecuarios.

Discusión

Los resultados de la presente investigación muestran que las Áreas Protegidas de la provincia de Esmeraldas han sido afectadas por la deforestación para extracción de madera, dando paso a otros tipos de uso de la tierra, especialmente para actividades de agricultura y ganadería. En consecuencia, por ser bosques siempre verdes y siempre verdes estacionales, los que se están destruyendo, es posible que las consecuencias ecológicas sobre los ecosistemas que allí se encuentran sean alarmantes, y el funcionamiento de éstos como tales se vea comprometido. Igualmente, el comportamiento hidrológico de las cuencas puede ser enormemente afectado y generar problemas de inundación en determinados sectores, como también procesos de erosión de suelos.

A nivel ecológico, muchas especies pudieran estar afectadas, pues con la deforestación se produce la destrucción o alteración de su hábitat y consecuentemente la desaparición o migración hacia otros sectores con condiciones apropiadas para su desarrollo.

Como se explicó anteriormente, durante los dos primeros cortes cronológicos estudiados se encontró que la deforestación fue bastante significativa, sin embargo, para el último corte estudiado, es decir, 2008-2014, la cifra se redujo favorablemente. Este hecho, seguramente tiene relación con acciones adelantadas por organismos estatales que procuran la conservación del ambiente y los recursos naturales. Por ejemplo, en la provincia en estudio hay un total de 236 predios que desde el año 2008 se han venido constituyendo en áreas de conservación mediante el convenio Sociobosque implantado por el Ministerio del Ambiente de Ecuador, éstos son superficies de bosques en tierras de propiedad individual y colectiva, y los dueños reciben un incentivo económico en forma de bono, para que las protejan y preserven al menos por el tiempo establecido en el marco del convenio.

Los 236 predios de bosques en conservación por el convenio suman 57.372 hectáreas, de ellas, 208 están en predios de propiedad individual y abarcan 13.487 hectáreas, y 28 en predios de propiedad colectiva que abarcan 43.885 hectáreas.

En lo que concierne a las cinco Áreas Protegidas de Esmeraldas, hay sobre ellas ocho predios en convenio Sociobosque, cinco son de propiedad colectiva y totalizan 9.307 hectáreas, y tres son de propiedad individual que alcanzan 237 hectáreas. Esto es, indudablemente una acción que producirá resultados positivos en relación a la conservación de los bosques siempreverdes y siempreverdes estacionales localizados sobre las mismas.

Finalmente, se espera que con la ampliación del programa Sociobosque y con la implementación de otras medidas, nuevos predios pasen a engrosar la cifra de áreas bajo conservación, y con prontitud puedan verse nuevos resultados favorables, no solo en Esmeraldas, sino en todo el país. Como resultado de las acciones mencionadas, se tiene entonces la reducción de la deforestación a nivel nacional, en la provincia de Esmeraldas y en sus Áreas Protegidas, fundamentalmente en el último período analizado, tal como lo demuestran las tasas de deforestación que se señalan en la *Tabla 5*.

Tabla 5

Tasas de deforestación y número de hectáreas deforestadas en Ecuador, en la provincia de Esmeraldas y en sus Áreas Protegidas en los tres periodos estudiados

Periodo	1990-2000	2000-2008	2008-2014
Ecuador			
Tasa de deforestación	0,65%	0,58%	0,37%
Nº de ha/año deforestadas	92.742 ha	77.748 ha	47.497 ha
Esmeraldas			
Tasa de deforestación	1,44%	1,40%	0,65%
Nº de ha/año deforestadas	14.610 ha	13.197 ha	5.476 ha
Áreas Protegidas de Esmeraldas			
Tasa de deforestación	2,7%	3,6%	1,7%
Nº de ha/año deforestadas	7.280 ha	9.394 ha	4.471 ha

Fuente: Datos estimados por los autores a partir de las capas digitalizadas por el Ministerio del Ambiente (2012 y 2015).

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Se demostró que el uso de los Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos son importantes instrumentos para la obtención y análisis espacial de datos de la Tierra. Estas herramientas permitieron realizar análisis multicriterio y multitemporal con otras variables cartográficas de interés, contribuyendo a que la información generada por otras entidades no se convierta en una estadística más, sino que sean utilizadas para la regeneración de más información que pueda servir de apoyo para la creación de nuevas políticas públicas que incentiven a la preservación de los bosques.

Los procesos de deforestación en las áreas protegidas de la Reserva Ecológica de Mache Chindul al sur-oeste de Esmeraldas y la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje al nororiente de la provincia son las que mayores cifras de deforestación han presentado en su totalidad en los casi 25 últimos años, ampliando consigo la frontera agrícola; sin embargo, es importante resaltar que aproximadamente en los últimos seis años la tendencia a la disminución de pérdida de cobertura vegetal nativa es significativa y podría obedecer únicamente a que los protocolos jurídicos de control de la tala indiscriminada, así como las iniciativas de incentivos económicos para la conservación de los mismos están cobrando sus frutos.

Agradecimientos

La realización de este trabajo fue posible gracias a la colaboración prestada por el Departamento Central de Investigación y la facultad de Hotelería y Turismo de la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí, por la posibilidad de contar con sus equipos y espacios para trabajar la parte cartográfica.

Referencias

- Bosque, J. (2001). *Sistema de Información Geográfica, I y II edición*. Madrid España: Ediciones RIALP S.A.
- Cayuela, L. (2006). *Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México*. Efectos sobre la diversidad de árboles. *Ecosistemas* 15 (3): pp.192-198.
- Centeno, J. (1996). Deforestation out of control in Venezuela. Forwarded e-mail from Uemura (SDWO, FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep>.
- Chuvieco, E. (2007). Teledetección ambiental. *La observación de la Tierra desde el espacio*. Madrid España: Editorial Ariel.
- Díaz, E. & Meza, C. (2011). Evaluación de la deforestación y sus impactos ambientales: provincia de Padre Abad. *Investigaciones Sociales. Vol.15 N°27*, pp.121-131.
- FAO (2000). *Commented Bibliography: Forest cover changes in Ecuador*, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Fundación Natura (1998). *Estudio de Caso sobre las Causas Subyacentes de la deforestación y la degradación de los bosques: Reserva Ecológica y Bosque Protector Macho - Chindul, Provincia de Esmeraldas*, Ecuador.
- INEC (2010). *Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador*. Fascículo Provincial Esmeraldas. Recuperado de: <http://www.ecuadorencifras.com>.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2015). *Anuario Meteorológico 2012. Número 44*. Quito, Ecuador.
- Karnosky, D., Ceulemans, R., Scarascia-Mugnozza, G. & Innes, J. (2001). The Impact of CarbonDioxide and Other Greenhouse Gases on Forest Ecosystems. *IUFRO Research Series Volume 8*. CABI. Publishing in Association with IUFRO, Wallingford, UK. (Eds.).
- Lillesand, M. Kiefer, W. & Chipman, W. (2004). *Remote sensing and Image Interpretation*. New York, USA, 5ta. Edition: John Wiley Sons. pp. 763
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (2012a). *Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente (2012b). *Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental*, Quito-Ecuador.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (2013). *Modelo de Fenología General para la Representación Cartográfica del Ecuador Continental*. Quito, Ecuador.

- Ministerio del Ambiente de Ecuador (2015). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Recuperado de: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/todas-areas-protegidas>.
- Montilla, A. (2012). Impacto ecológico y social por la transformación del paisaje en la cuenca del río Carache (1966-2010). (*Tesis de doctorado*). Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Organización de Naciones Unidas (ONU) (2005). *Situación de los bosques en el mundo*. Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y el Desarrollo. FAO, Roma, Italia.
- Percy, K., Jandil, R., & Lavigne, M. (2013). El papel de los bosques en ciclo, la captura y el almacenamiento de carbono. *Boletín número 1: Los bosques y el ciclo de carbono a nivel mundial: fuentes y sumideros*.
- Pozzobon, E. & Osorio, R. (2002). *Evolución de las deforestaciones en la Reserva Forestal de Ticoporo*, Estado Barinas – Venezuela, en base al análisis multitemporal de imágenes de percepción remota. *Geográfica Venezolana* 43 (2): pp.215 - 235.
- Sierra, R. & Stalling, J. (1998). The dynamics and social organization of tropical deforestation in Northwest Ecuador, 1983-1995. *Human Ecology*, 26. (1), pp. 135-161.
- Valecillo-Rodríguez, S. (2009). Los cambios en el paisaje y su efecto sobre la distribución de especies: Modelización y aplicación a la conservación de las aves de hábitats abiertos en paisajes mediterráneos. (*Tesis de doctorado*). Universidad de Lleida, España.
- Van der Hammen, T. (1995). Global change, Biodiversity, and Conservation of Neotropical Montane forests. En: *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests* (S. Churchill, H. Balslev, E. Forero, and J. Luthelyn, eds.) The New York botanical garden, Bronx, pp.603-607

CAPÍTULO 4

ECOTURISMO



El turismo: una oportunidad de vida y desarrollo para los Guajiros

Loreley Patricia Mejía González

Universidad de La Guajira
lpmejia@uniguajira.edu.co

Meredith Jiménez Cárdenas

Universidad de La Guajira
Meredith@uniguajira.edu.co

Carlos Arturo Granadillo Rosado

Universidad de La Guajira
carlosarturo@uniguajira.edu.co

Resumen

La Guajira tierra mágica y encantadora, aún guarda la inocencia de sus riquezas, sin aflorar el gran potencial turístico que posee. Es importante resaltar que el turismo puede representar una oportunidad para una mejor calidad de vida de los Guajiros, con la muestra de su majestuosa y extraordinaria diversidad cultural que danza al ritmo de tambores y acordeón, con la fascinación de su flora y fauna, sus deslumbrantes playas, ríos y riachuelos. El presente artículo de investigación muestra un análisis a la realidad del turismo en el Departamento de la Guajira, con el propósito de evaluar la calidad con que éste se oferta, caracterizar los destinos turísticos más apetecidos por los turistas, conocer su nivel de satisfacción con respecto a las ofertar y servicios, por otro lado, proponer estrategias para garantizar la calidad, buscando la competitividad de los servicios ofrecidos. De esta manera visonar a La Guajira con un turismo capaz de general posibilidades de vida y desarrollo.

Palabras claves: Etnoturismo, Ecoturismo, Calidad, Potencial, Desarrollo.

Abstract

La Guajira, a magical and enchanting land, still preserves the innocence of its riches, without revealing the great tourist potential that it possesses. It's important to emphasize that tourism can represent opportunity for a better quality of life of the Guajiros, with the sample of its majestic and extraordinary cultural diversity that dance to the rhythm of drums and accordion, with the fascination of its flora and fauna, its dazzling Beaches, rivers and streams. This research article shows analysis of the reality of tourism in the Department of Guajira, with the purpose of evaluating the quality with which itisoffered, characterize the tourist destinations most desired by tourists, know their level of satisfaction with respect Tooffer and services, on the other hand, to proposes strategiesto guarantee equality, seeking the competitiveness of the services offered. In this way to see to the Guajira with a tour ismcapable of general possibilities of life and development.

Keywords: Ecotourism, ethno tourism, calidad, potential, development.

Introducción

El presente artículo visualiza un estudio de investigación que permite la descripción, caracterización y evaluación de las ofertas turísticas en el Departamento de La Guajira - Colombia, siendo considerado un Departamento con gran vocación turística. Desde un enfoque más amplio, basado en la oferta del propio destino turístico, éste

puede definirse como “un paquete de facilidades y servicios turísticos que está compuesto por múltiples atributos que de forma conjunta determinan su atractivo” Hu & Ritchie, (1993); En: Femenía, (2012) o, en términos de Cooper y colaboradores Cooper, Fletcher, Gilbert, & Wanhill (1993), como la concentración de instalaciones y servicios diseñados para satisfacer necesidades turísticas.

Ante lo expuesto, basados en una realidad dentro del cual su sostenibilidad estratégica, convierte al departamento en un potencial económico hacia el país, se busca entonces evaluar la calidad de las ofertas de los destinos turísticos en el Departamento de la Guajira, lo cual permitiría alcanzar respuestas que lo justifiquen.

En la dama negra de Colombia, se explota carbón en la mina de carbón a cielo abierto más grande del mundo, sal en las salinas de Manaure, de donde brotan grandes montañas de este preciado mineral, también cuenta con algunos yacimientos de gas y petróleo, caliza, talco y barita. Todo esto hace de La Guajira un territorio atractivo y exuberante.

La principal actividad económica está entre el comercio y la explotación minera y es cierto que este último ejercicio, si bien le trae algunos beneficios y reconocimiento a La Guajira y que es un mineral que cubre grandes extensiones, también es cierto que en algún momento llegará a su final, dejando solo pobreza y miseria y el advenimiento de catástrofes naturales, , unido a esto están las deforestaciones que aunque dicen remediarlas nunca es suficiente y la contaminación ambiental que afecta paulatinamente a los habitantes del Sur de La Guajira, en donde el ambiente que se respira está contaminado con el polvillo que brota del carbón.

Por esta y muchas otras razones los Guajiros tienen en el turismo una oportunidad de vida y desarrollo, luchar para conservar sus riquezas naturales, que son cada vez más explotadas por foráneos y personas ajenas a la región, con la única intención de enriquecerse sin importar las consecuencias fatales que lleva consigo las explotaciones.

Esto hace que el turismo cobre relevancia en la Guajira, y se puede desde otra perspectiva convertirla en una de las primeras actividades económicas. En el estudio de investigación realizado a la calidad de las ofertas turísticas de la Guajira, se determinó las ventajas y desventajas dejando al descubierto las debilidades y fortalezas que posee La Guajira concernientes a la oferta de esta actividad.

Importancia del problema

El turismo se ha convertido en la actividad de servicios más grande del mundo y está en continuo crecimiento. De acuerdo con la Organización Mundial de Turismo OMT, (2015), las llegadas turísticas internacionales crecieron en un 5,7% en el inicio de 2012, alcanzando la cifra de los 285 millones de llegadas de turistas internacionales; para minimizar los impactos negativos de este crecimiento, la sostenibilidad debería pasar de las palabras a los hechos, y ser un imperativo para todas las partes interesadas en el turismo. Por otra parte, anteriormente la OMT (1999) estableció como objetivos prioritarios la atenuación de la pobreza y desarrolla en 1999 el Código Ético Mundial para el Turismo, donde prioriza los aspectos de participación equitativa de la población local en los beneficios económicos, sociales y culturales del turismo.

En tal sentido., el turismo es una actividad económica de interés nacional, prioritario para el país en su estrategia de diversificación y desarrollo sustentable., estableciéndose que, dentro de las fundamentaciones del régimen socioeconómico previsto en esta Constitución, el Estado dictará las medidas que garanticen su desarrollo., es decir, el Estado velará por la creación y fortalecimiento del sector turístico nacional.

Según la OMT el turismo puede contribuir al logro de los objetivos del milenio, garantizando la sostenibilidad del medio ambiente y erradicar la pobreza, proporcionando nuevos ejemplos de cómo el turismo puede servir para atender problemáticas ambientales y económicas y sociales. Según Flores 2012, Secretario Técnico del Gabinete de Infraestructura: “El país es un destino turístico con inigualable potencial por tener atractivos naturales e históricos únicos en el mundo”.

Asimismo, agrega, para aprovechar el potencial y detonar el desarrollo regional y sustentable, se ha dado un impulso sin precedentes al turismo y se ha posicionado como una prioridad nacional y de política pública, con medidas como un significativo incremento a la inversión que se destina al sector por parte del Gobierno Federal que, a su vez, permite la participación de los gobiernos estatales y municipales.

Lo expresado, permite enunciar que el turismo en Colombia ha dado un giro poco a poco debido algunos inconvenientes de inseguridad, algo que ya está mejorado, puesto que el país se ha consolidado como un destino más seguro y más accesible, porque hace diez años era uno de los pocos lugares de América Latina que, aun teniendo un desarrollo turístico importante, "se perdía producto de la violencia y de la escalada terrorista en años 90".

Desde esta perspectiva, Colombia tiene espacio para crecer en el mercado emisor español apoyándose en el turismo de naturaleza, una verdadera riqueza que puede dar este país y que "es una oferta que nos hace diferentes", lo cual conlleva a precisar que no es ajena a los impactos positivos del turismo, tampoco desconoce la influencia negativa de los diversos hechos que no les han permitido posicionamiento a los mercados internacionales.

A pesar que Cartagena, Santa marta y San Andrés siempre se han caracterizado por sus playas, bahías, islas y sus ofertas turísticas, Colombia cuenta con 3.208 km de costa. (1.760 km en el Mar Caribe y 1.448 km en el Océano Pacífico), 483.164 km² de selva amazónica y tres monumentales cordilleras que atraviesan el país. Esa condición costera, andina, tropical y ecuatorial le da el privilegio de tener la mayor biodiversidad en el mundo por kilómetro cuadrado y todo tipo de climas.

En correspondencia a lo expresado el turismo en el Departamento de la Guajira a pesar que se cuenta con un gran potencial de lugares turísticos, el desarrollo no se ve reflejado porque algunos actores han contribuido, entre estos se pueden mencionar lo más relevantes, concluidos por los diferentes actores del sector como insipientes infraestructuras, falta de capacitaciones educativas en cultura turística y de servicios, disminución del sector empresarial, escasas promociones, discontinuidad de planes turísticas.

Por otra parte, existe desconocimientos o no aplicación de las políticas de turismo, falta de calidad en el servicio y programas de calidad en el servicio turismo, poco acceso a las vías, falta organización en los lugares turístico, falta de inversión por partes de los entes gubernamentales, afectando el turismo en el Departamento.

Permitiéndose expresar que el Departamento de La Guajira, necesita revisar e implementar estrategias en el sector turístico, para dar inicio a la organización y fortalecimiento al producto turístico, En cada producto turístico es posible identificar diferentes niveles o categorías, siguiendo a Grónroos (1994) se ve que un servicio formulado como un producto puede entenderse como un paquete de servicios, donde existe un servicio principal y unos servicios auxiliares, en el caso de un hotel se puede entender como servicio principal la

recepción , el alojamiento y el servicio de habitaciones, mientras que la posibilidad de conexión a internet desde cada uno de las habitaciones sería un servicio auxiliar.

Lo planteado, permitió entonces que se considerase como objetivo general el evaluar la calidad de las ofertas de los destinos turísticos en el Departamento de la Guajira; de manera de dar respuesta a una realidad y necesidad que actualmente se percibe en el Departamento de la Guajira, región potencialmente turística en Colombia.

Metodología

Diseño de la investigación

La investigación, estuvo inmersa en un diseño no experimental, que definida por Kerlinger, y Lee (2002): “ En la investigación no experimental no es posible manipular las variables o asignar aleatoriamente a los participantes. ” Asimismo, se utilizó un diseño transversal porque se recolectaron los datos una sola vez en un tiempo específico.

Como conclusiva, se ubica como transversal descriptiva, no experimental de campo en el cual se recolectará la información sobre el estudio de la variable en un momento determinado por el investigador, donde se llevará a cabo el análisis y descripción de aspectos resaltantes para el estudio mediante la apreciación de datos según los fines de la investigación. Según Hernández (2013), “se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”.

Tipo de investigación

En este contexto, la investigación se presenta con una tipología según Danhke (1989), en Hernández, Fernández, y Baptista, (2013), descriptivo, definiéndolos como propiedades, características y perfiles de las personas, empresas, comunidades que se sometan a un estudio. Estos trabajos, “miden, evalúan recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno estudiado.

Tabla 1
Población y muestra

Proceso de selección de la población muestra. Mes	Turistas Nacionales	Turistas Extranjeros	Total
Enero	4.904	57	4961
Febrero	619	58	677
Marzo	881	64	945
Abril	1.236	64	1.300
Mayo	384	41	425
Junio	340	23	363
Julio	648	47	695
Agosto	549	47	596
Septiembre	1.248	36	1.284
Octubre	608	40	648
Noviembre	1.053	78	1131
Diciembre	1.146	60	1206
Total	13.616	615	14.231

Total Turistas: 14.231

Fuente: Autores

Muestra

Se pondera a 272 turistas en el Departamento de La Guajira durante las vacaciones de enero y semana santa del 2012. En cuanto al segundo grupo de la población, los gerentes de los establecimientos de atención al turista o productos turísticos se encontraron:

Listado de Establecimientos

En concreto, se realizó un muestreo por conglomerado donde se pretendía obtener una muestra similar a la población con ciertas características: En primer lugar, la muestra debía estar constituida por hombres y mujeres en la misma proporción. En segundo lugar, la distribución según el lugar tenía que ajustarse, en el caso de diferentes playas de la guajira. Y en tercer lugar, los gerentes de los Establecimientos que ofrecen servicios turísticos. Tras la recogida y depuración de la información, se obtuvieron un total de 274.

Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos

Se diseñó un instrumento, en función de alcanzar información relevante, para que los sujetos encuestados tuvieran la oportunidad de responder de manera abierta y clara, con alternativas abiertas.

Procesamiento de los Datos

Estadística descriptiva a partir del análisis de frecuencias absolutas y relativas, siendo construida para vaciar la información antes mencionada mediante la representación de tablas y gráficos.

Resultados

Procesamiento y Análisis de los Datos

A continuación, se presenta el análisis Recuperado de: los datos arrojados por las encuestas realizadas a los 272 turistas y 195 gerentes de los destinos turísticos del Departamento de La Guajira.

Encuesta realizada a los turistas

Al indagar sobre la razón de la visita del turista en el departamento de la guajira, por vacaciones obtuvo el 57%; seguidamente el 32,7 por visita de amigos familiares, el 5,9 por negocios y solo el 4,4 por asuntos privados. De los datos anteriores se puede evidenciar que los turistas en la guajira vienen en su mayoría por vacaciones.

Tabla 2

Razones de los turistas para visitar al Departamento de la Guajira

Motivo de visita del turista 1. ¿Cuál es la razón de su visita?

(Válidos)	Frecuencia	Porcentaje (%)	% Válido	% Acumulado
Vacaciones	155	57	57	57
Negocios	16	5,9	5,9	62,9
Asuntos privados	12	4,4	4,4	67,3
Visita de amigos y/o familiares	89	32,7	32,7	100
Total	272	100% 100%		100%

Fuente: Autores

Como se puede evidenciar en *la Tabla 1* los sitios turísticos de la Guajira son lugares apetecidos por los turistas, ya que el 57% de ellos, están de vacaciones lo que quiere decir que llegaron exclusivamente a disfrutar, donde un 33% aprovecha para visitar a sus familiares y amigos al mismo tiempo que se entretienen y el otro 10% quienes han llegado por asuntos privados o negocios, se dan un tiempo para conocer y degustar las delicias del turismo Guajiro.

En relación a los tipos de turistas el 35% de estos se considera un turista aventurero, el 28% familiar, un 15% son turistas comodones, un 12% se consideran del tipo intelectuales y un 10% frescos y espontáneos.

Tabla 3

Tipos de turistas

Tipos de turistas 2. ¿Qué tipo de turista te consideras?				
(Válidos)	Frecuencia	Porcentaje (%)	% Válido	% Acumulado
Fresco y Espontáneo (a.)	27	10%	10%	10
Intelectual (b.)	33	12%	12%	22
Comodón (c.)	41	15%	15%	37
Familiar (d.)	76	28%	28%	65
Aventurero (e.)	95	35%	35%	100
Otros (f.)	0	0%	0%	0%
Total	272		100,0	100,0

Nota: (a.) - Buscas aceptación social y prestigio con un viaje y prefieres los destinos de moda; **(b.)** - buscas conocer la cultura del lugar, la gastronomía o aprender el idioma de dónde viajas. Tienes una actitud “receptiva y respetuosa” con los entornos que visitas; **(c.)** - buscas la comodidad, ante todo. Eliges destinos conocidos. Te gusta el confort y el bienestar; **(d.)** - que aprovecha las vacaciones para visitar a familiares o amigos; **(e.)** - buscas un viaje distinto en cada ocasión y no le influye para su elección factores como la falta de seguridad, incomodidades, entre otros; **(f.)** – otro tipo de turista.

Fuente: Autores

Se deduce de este resultado que se ve reflejado en la *Tabla 2* que el mayor porcentaje lo obtuvo la opción aventurero, lo que quiere decir que por lo general los turistas que visitan la Guajira, no esperan tantas comodidades, están mentalizados para disfrutar su paseo, así tengan que dormir en chinchorros y bajo la luz de la luna, entre otras circunstancias que puedan presentarse en la escases de agua, luz, o cualquier otro tipo de necesidades de las cuales puedan carecer, solo manifiestan querer disfrutarse su aventura por la Guajira y sus exóticas playas.

Tabla 4

Sitios turísticos apetecidos

Sitios turísticos apetecidos. 3. De todos los lugares turísticos que han visitado ¿Cuál le gusta más?				
(Válidos)	Frecuencia	Porcentaje (%)	% Válido	% Acumulado
Cabo de la vela	111	40	40	40
La Boca de Dibulla	31	11	11	51
La Boca de Camarones	20	8	8	59
Playas de Mayapo	25	9	9	68
Manaure	65	24	24	92
Montes de Oca	5	2	2	94
Otros	15	6	6	100
Total	272	100	100	100

Indicadores de calidad de accesibilidad a los sitios turísticos: Publicidad.

Fuente: Autores

Se demuestra en la *Tabla 3*, que un alto porcentaje de los turistas, equivalente al 66% de ellos, recibió información de los sitios turísticos a través de recomendaciones personales, con lo que se concluye que el márketing y la publicidad utilizada a través de otros medios como internet, televisión, folletos, radio, entre otros, es sumamente baja y deficiente.

Tabla 5

Indicadores de calidad de accesibilidad a los sitios turísticos: vías de acceso y señalización

Indicadores de calidad de accesibilidad a los sitios turísticos: vías de acceso y señalización. 5.

Las vías de acceso y señalización a los destinos turísticos le parecieron:

(Válidos)	Frecuencia	Porcentaje (%)	% Válido	% Acumulado
Excelente estado	0	0%	0%	0
Buen estado	14	5%	5%	5
Regular estado	68	25%	25%	30
Pésimo estado	190	70%	70%	100
Total	272	100	100%	100%

Fuente: Autores

Es evidente que la *Tabla 4*, muestra unos resultados desfavorables en cuanto al estado de las vías de acceso y señalización que conducen algunos destinos turísticos ya que el 70% de los encuestados aseguran que están en pésimo estado y un 25% en condiciones regulares, la falta de señalización y guía es otra problemática preocupante para los turistas.

Interpretación de los Datos y Resultados Arrojadados

Después de realizada la investigación y con la aplicación de los instrumentos necesarios para tal fin, se pudo sistematizar los datos arrojados, para evaluar la calidad de las ofertas de los destinos turísticos en el Departamento de la Guajira, mediante el uso de indicadores, donde se logró establecer y determinar lo siguiente:

En primera instancia se realizó la caracterización de los destinos turísticos más apetecidos por los turistas del Departamento de la Guajira.

Se pudo evidenciar cuales eran los más visitados, con lo que además se refiere que estos sitios turísticos de la Guajira son lugares apetecidos por los turistas, ya que el 57% de ellos, están de vacaciones lo que quiere decir que llegaron exclusivamente a disfrutar, aunque algunos otros aprovechan para visitar a sus familiares y amigos al mismo tiempo que se entretienen y otros quienes han llegado por asuntos privados o negocios, se dan un tiempo para conocer y degustar las delicias del turismo Guajiro.

Así mismo se puede evidenciar que de los destinos turísticos de la Guajira los turistas prefieren El Cabo de la Vela, lo que quiere decir que es el más apetecido, seguido por Manaure, Dibulla, Mayapo, Camarones, montes de Oca y turistas que prefieren otros sitios, como ríos, parques recreacionales, discotecas, minas del cerrejón, rancherías; entre otros.

En lo que respecta a la caracterización de los destinos turísticos se puede evidenciar que en su mayoría estos sitios predominan el negocio de restaurantes, con lo que se puede concluir que es necesario construir más alternativas de turismo y variedad de servicios. Por otro lado, se constató que un alto porcentaje de las empresas, cuentan entre 7 a 10 empleados, lo que hace deducir que un poca más de la mitad de estas son pequeñas y medianas empresas, con pocos trabajadores para atender los servicios que demanda la clientela de turistas.

Junto con la caracterización de los destinos turísticos se hizo necesario caracterizar al mismo turistas, para poder comprender que tanto esperan de la calidad de los servicios ofrecidos, de esta manera se determinó que en un mayor porcentaje los turistas son aventurero, lo que quiere decir que por lo generar los turistas que visitan la Guajira, no esperan tantas comodidades, están mentalizados para disfrutar su paseo, así tengan que dormir en chinchorros y bajo la luz de la luna, entre otras circunstancias que puedan presentarse en la escases de agua, luz,

o cualquier otro tipo de necesidades de las cuales puedan carecer, solo manifiestan querer disfrutarse su aventura por la Guajira y sus exóticas playas.

Así mismo se encontró que algunos son muy familiares, quienes aprovechan sus vacaciones para visitar y compartir con sus familias, otros se consideran intelectuales en el sentido que desean aprender de la cultura del sitio que visitan, algunos otros frescos y espontáneos, prefiriendo los destinos de moda y de igual manera se encontraron los comodones; quienes buscan la comodidad, ante todo. Este tipo de turistas son los más exigentes a la hora de solicitar los servicios. Se hizo necesario establecer la satisfacción del turista, de acuerdo a los indicadores de calidad de las ofertas turísticas del Departamento de La Guajira, con los siguientes resultados:

Indicadores de seguridad

En lo que respecta al indicador de seguridad, se pudo evidenciar en el procesamiento de los datos arrojados a través de las encuestas, que este suma puntos negativos a la calidad turística, ya que los turistas pueden cohibirse de volver o tal vez ni de intentar visitar los sitios turísticos por temor a poner en riesgos sus vidas, debido a que la mayoría, lo que corresponde al 80% de los encuestados afirman que la seguridad es pésima y en muchos casos ni siquiera ven algún tipo de seguridad, hay escasas de salvavidas, de personas atentas a cualquier emergencia o a prestar algún tipo de primeros auxilios, no se ve la presencia de policía Nacional, defensa civil u otro organismo que contribuya al control de casos de alteraciones públicas, robos y situaciones que arriesguen o atenten la integridad de los turistas.

Indicadores de higiene

En relación a la higiene, se demuestra que los turistas se encuentran insatisfecho con el aspecto en la presentación persona de los trabajadores que les atienden, sobre todo en las áreas de las playas, su vestimenta no es adecuada, cabellos y uñas sin arreglar en casos de género femenino, entre otros aspectos que les hacen ver desagradables, mientras que otros están insatisfechos con la limpieza del lugar y unos pocos con la preparación de los alimentos, algunos no sienten insatisfacción en la parte de higiene y la minoría está inconforme por todos estos aspectos.

Indicadores de accesibilidad a los recursos turísticos

Información

En primera medida para conocer los indicadores de accesibilidad a los recursos turísticos, se conoció cómo recibieron los turistas la información acerca de los destinos turísticos y sus servicios y un alto porcentaje de los turistas, equivalente al 66% de ellos, recibió información a través de recomendaciones personales, con lo que se concluye que el márketing y la publicidad utilizada a través de otros medios como internet, televisión, folletos, radio, entre otros, es sumamente baja y deficiente.

Por otra parte, los empresarios o gerentes utilizan la radio como principal medio para difundir información sobre los servicios que ofrecen, dejando a un lado otros medio que le permiten dar de manera detallada y amplia las características de todo lo que ofrecen e incluso con ilustraciones; como a través de folletos, internet, televisión, entre otros.

Vías de acceso

Otro de los aspectos importantes en la accesibilidad de los destinos turísticos, son las vías de acceso y en el análisis de los datos, se muestran unos resultados desfavorables en cuanto al estado de las vías de acceso y señalización que conducen algunos destinos turísticos ya que el 70% de los encuestados aseguran que están en

pésimo estado y un 25% en condiciones regulares, deduciendo finalmente que estas vías y la falta de señalización y guía es otra problemática preocupante para turistas.

Precios

En cuanto a los precios utilizados en los servicios turísticos son accesibles para los turistas, ya que el 90% de estos consideran justos y normales los cobros que les hacen por los servicios prestados, algunos expresan que se manejan precios bajos, ya sea de alimentación, alojamiento, diversión, artículos artesanales, culturales, entre otros.

Temporada

La época en que el mayor número de turistas frecuentan los sitios turísticos es en semana santa, tiempo este en el que las empresas pueden ofrecer gran variedad de servicios, obteniendo óptimos resultados financieros.

Indicadores de formación de los trabajadores

Este aspecto deja entrever que el 61% de los gerentes está capacitando anualmente a sus trabajadores o empleados, en diferentes aspectos que competen al servicio que ofrecen, en aras de mejorarlo y brindar mayor calidad, y otras empresas no realizan ningún tipo de capacitación a sus trabajadores.

Indicadores de atención

Los turistas en un 78% están conformes o a gusto con la atención que reciben en los sitios turísticos por parte de los empleados o trabajadores, lo que quiere decir que los servicios de atención son considerados excelentes y buenos en su mayoría, confirmando así la hospitalidad y amabilidad que caracteriza al pueblo Guajiro.

Indicadores de necesidades

En cuanto a las necesidades el mayor porcentaje se inclina a que se ofrezca una mejor publicidad y de esta manera poder conocer más detalladamente los sitios turísticos, lo que posiblemente influye en la decisión de cuál de ellos visitar, se siente muy insatisfecho por la documentación informativa de los servicios ofrecidos. Lo que quiere decir que ratifican la falta de publicidad, máquetin de venta, que muestren los atractivos y maravillosos lugares turísticos de La Guajira.

Por otra parte, los turistas desean que mejore la rapidez en los servicios, que, aunque sean buenos y con precios justos deberían ser un poco más rápido, por lo que algunos sugieren que se mejore la organización de los establecimientos, tanto en hoteles, como restaurantes, parques recreacionales, entre otros, por otro lado, algunos de los turistas piden variedad gastronómica y una minoría de ellos solicitan folletos en las estaciones y otros información por parte de los habitantes.

Exigencias

En relación a las exigencias del turista en los destinos turísticos del departamento de la guajira, EL 40% de los sujetos escogieron la alternativa de estar satisfechos de la amabilidad del personal en los destinos turísticos; seguidamente el 55% de los turistas se encuentran satisfechos con el respeto en el trato por parte de los empleados. Por otra parte, el respeto por los objetos personales dentro de los servicios turísticos el 65% de los turistas expresó estar muy satisfechos. Asimismo, el 65% de los turistas se encuentra muy insatisfecho por la accesibilidad a los servicios adicionales como lavanderías, internet, entre otros.

Si bien la amabilidad y el respeto de los empleados hacia los turistas, son puntos favorables para los destinos turísticos pues evidencian satisfacción en las exigencias del turista con los servicios. Es importante tener en cuenta la debilidad en la accesibilidad a otros servicios adicionales, atentando con una calidad excelente e integral.

Aunque en su gran mayoría los destinos turísticos como los hoteles, centros recreacionales, restaurante entre otros cuentan con los servicios básicos existe un porcentaje del 35% que solo tiene luz y en algunos casos ningunos de los anteriores, como el caso de algunas playas, esto hace que disminuir la calidad de las ofertas de los servicios, sobre todo de acuerdo al tipo de turista que visitan las playas.

Expectativas

Por otra parte, las expectativas del turista, atención a las solicitudes de manera oportuna el 40% de los turistas eligieron la alternativa de que se encuentran insatisfechos, asimismo el 40% de estos sujetos eligieron la alternativa normal por la información sobre dirección y lugares requeridos. Seguidamente, la accesibilidad a distintas formas de pago 40% de los turistas se muestran insatisfacción. En la entrega clara de las facturas el 45% de las personas escogieron la alternativa normal. Finalmente, el compromiso del personal para solucionar los inconvenientes el 40% de los turistas se encuentran satisfechos. Los hallazgos anteriores permiten evidenciar satisfacción a las exigencias del turista por los destinos turísticos del departamento de la guajira.

Conclusiones

Si bien se alcanza a percibir un poco de la majestuosidad y encanto de una Guajira mágica, llena de contrastes y colores, así mismo se reflejan las debilidades enormes en materia de turismo y la calidad en las ofertas, la baja inversión en infraestructuras, el poco apoyo de las entidades gubernamentales y no gubernamentales, inciden para que la eficiencia de los servicios posean indicadores negativos, sobre todo en las playas, como el Cabo de la Vela, Mayopo, Camarones, Dibulla, Manaure, entre otras, apetecidas por los turistas. A continuación, se presenta un breve resumen de los resultados arrojados por la investigación.

En cuanto a la seguridad del turista es deficiente, ya que existen carencias de estrategias y mecanismos que garanticen al turista su protección en cualquier circunstancia de amenazas tanto de alteraciones de orden público, como accidentes en el agua y emergencias de salud.

Otro de los indicadores de gran importancia se refleja en la accesibilidad a los recursos turísticos; al referirse a la información marketing y publicidad, se encontró una enorme debilidad en estos aspectos, ya que es poco lo que se invierte para vender los servicios a través de avisos publicitarios, ya que los turistas en su gran mayoría visitan los destinos turísticos por referencias personales. Por otro lado, las vías acceso arrojaron indicadores negativos, por el estado de deterioro que presentan las carreteras y deficiente señalización.

El indicador que se refiere a la formación de los trabajadores, en su mayoría los gerentes afirman que son capacitados cada año a pesar del poco apoyo que reciben de las entidades, de igual forma muchas expresaron no realizar ningún tipo de capacitación a sus empleados. Por otro lado, los turistas están a gusto con la atención que reciben en los sitios turísticos por parte de los empleados o trabajadores, lo que quiere decir que los servicios de atención son considerados excelentes y buenos en su mayoría, confirmando así la hospitalidad y amabilidad que caracteriza al pueblo Guajiro.

Así mismo los turistas sugieren que se necesita una publicidad más agresiva, que muestre las maravillas de La Guajira Hermosa, La Guajira Bella, La Guajira Grande. Donde los gerentes y empresarios requieren del apoyo

de las entidades; Estado, Gobernación, Alcaldía, cámara de Comercio, Dirección de Turismo, entre otros, para poder trabajar conjuntamente por una Guajira que tiene todas las posibilidades y herramientas de vivir del turismo, con la satisfacción de poseer un ambiente apropiado para el descanso, que sin lugar a duda son un remanso de paz y alegría.

En cuanto a los indicadores de exigencia las debilidades están en el acceso a los servicios adicionales como internet, lavandería, la falta de paquetes de diversión y guías o rutas de paseo de los hoteles, entre otros. Aunque en su gran mayoría los destinos turísticos como los hoteles, centros recreacionales, restaurante entre otros cuentan con los servicios básicos existe muchos que solo tiene luz y en algunos casos ninguno de los anteriores, como en algunas playas, esto hace que disminuir la calidad de las ofertas de los servicios, sobre todo de acuerdo al tipo de turista que visitan las playas.

Las falencias más notables en los resultados, se evidencia en los indicadores de infraestructura, sobre todo en las playas, ya que los restaurantes, baños, carecen de comodidad, agregando insatisfacción en la higiene de los baños y la presentación personal de los empleados, quienes no utilizan una vestimenta adecuada.

Todo lo anterior refleja tanto las debilidades como las fortalezas de los destinos turísticos del departamento de la Guajira, más sin embargo hay que tener en cuenta que los turistas que visitan esta majestuosa y extraordinaria dama, son considerados aventureros, consientes del sol, del desierto, de la naturaleza, de su cultura, de un contexto extremadamente rico y pero a la vez muy pobre, con necesidades y grandes carencias que se superan cada día en una lucha por la supervivencia.

Es importante mencionar que finalizada la investigación se realizó una propuesta de implementación de estrategias encaminadas al mejoramiento de la calidad del servicio turístico en el Departamento de La Guajira, teniendo en cuenta la Aplicabilidad del Diamante de Porter o las cinco fuerzas.

El Departamento de La Guajira siente la necesidad de aprovechar sus recursos naturales, enfocándose en el sector turístico, ya que cuenta con una diversidad de sitios de interés en los diferentes municipios, motivándola a visionarse que haga parte de la economía generando empleo y mejorando la calidad de vida de muchos corregimientos, Municipios, Rancherías y Comunidades. Posesionándose como destino etnoecoturístico.

Referencias

- Antecedentes del turismo. (2012). Recuperado de: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Antecedentes-Del-Turismo/3445921.html>.
- Balestrini, M. (2002). *Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación (6a, Ed.)*. Caracas: Editorial BL Consultores Asociados.
- Banco de la República & DANE. (2010). *Informe de coyuntura económica Regional – ICER: Departamento de la Guajira*. Bogotá: Autores. Recuperado de: http://www.dane.gov.co/files/icer/2010/laguajira_icer__10.pdf.
- Chávez (2006), *Introducción a la Investigación Educativa*. Maracaibo.
- Cooper, C., Fletcher, J., Gilbert, D. &Wanhill, S. (1993). *Tourism: Principles and practice*. Londres: Pitman Publishing.

- Departamento Administrativo de Planeación - Gobernación de la Guajira. (2012). *Plan de desarrollo departamento de la Guajira 2012 – 2015: La Guajira primero*. Riohacha: Autor.
- Flores, R. (2012, 11 de julio). *México, uno de los 10 principales destinos turísticos en 2011* (. Blog de la presidencia de la República de México). Recuperado de: <http://www.presidencia.gob.mx/blog/raul-flores-macias/>.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2013). *Metodología de la Investigación (3a ed.)*. México: McGraw Hill.
- Kerlinger, F. & Lee, H. (2002), *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales*. México: McGraw Hill.
- Méndez, C. (2006), Metodología. *Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en las ciencias empresariales*.
- Organización Mundial del Turismo – OMT. (1999). *Código ético mundial para el turismo*. Santiago de Chile: Autor. Recuperado de: <http://www.terresdelebre.org/cat/doc/Castellano.pdf>.
- Organización Mundial del Turismo – OMT. (2012). *El turismo internacional arranca con fuerza en 2012*. Madrid: Autor. Recuperado de: <http://media.unwto.org/es/press-release/2012-05-14/el-turismo-internacional-arranca-con-fuerza-en-2012>.
- Parasuraman, A., Zeithamd, V., & Berry, L. (1985). Calidad A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of marketing*, 49, pp. 41-50.
- Porter, M. (1990). Competitive Advantage of Nations. *Harvard Business Review*, pp.72-91.
- Quesada, R. (2007). *Elementos del Turismo*. San José: Universidad estatal a distancia.
- Rodríguez, E.; Requena, K.; Muñoz, J. & Olarte, M. (2006). La imagen turística de los países latinoamericanos en el mercado español. *Cuadernos de Turismo*, 17, pp.189-199.

Diseño de un modelo espacial prospectivo de ordenamiento territorial con estrategia de ecoturismo, para una subregión de Colombia

Yarledy Olarte Alzate

Ingeniera Geógrafa y Ambiental - Colombia
yarle1238@hotmail.com

Daniel Esteban Prieto Salamanca

Ingeniero Geógrafo y Ambiental - Colombia
daprieto24@gmail.com

José Ricardo Olarte Riaño

Ingeniero Geógrafo y Ambiental. - Colombia
jricardoolarte@gmail.com

Resumen

Para diseñar escenarios de desarrollo territorial es necesario la identificación de potencialidades y restricciones asociadas al caso de estudio, además representar la imagen objetivo de los territorios en modelos espaciales, por lo cual, el propósito de este estudio es construir el diseño de un modelo espacial prospectivo de una subregión de Colombia, para dinamizar su desarrollo territorial, desde un ámbito local hasta el subregional con estrategia de ecoturismo. Se utilizó una metodología que pudiera considerar aspectos de tipo multiespacial, multitemporal y multicriterio, mediados por la expresión gráfica que permiten los Sistemas de Información Geográfica, ya que se requiere superponer diferentes capas de información, para moldear gradualmente la propuesta, hasta poder expresar el objetivo trazado. Como resultado se determinó el ecoturismo como estrategia de desarrollo de la subregión, debido a la oferta y demanda que lo impulsa, es decir, a este rasgo de potencialidad incipiente y en últimas subvalorado que se evidenció en la subregión; y finalmente, se expresó el modelo espacial prospectivo a partir de una analogía, complementada con aspectos demográficos y cuantitativos que apoyan la idea de que, en efecto, cada una de las expresiones planteadas y analizadas para el caso, guardan coherencia, en términos del ordenamiento y desarrollo territorial.

Palabras claves: ecoturismo, prospectiva, territorio, modelo, SIG.

Abstract

in order to design territorial development scenarios, it is necessary to start from the identification of the potentialities and restrictions associated with the case study, in addition, it is useful to represent the objective image of the territories in spatial models, therefore, the purpose of this study is to construct the design of a prospective spatial model of a subregión of Colombia, to dynamize its territorial development, from a local to the subregional with ecotourism strategy. We used a methodology that could consider aspects of multi-spatial, multitemporal and multicriteria type, mediated by the graphic expression that GIS allows, as it is necessary to superimpose different layers of information, to gradually shape the proposal, until we can express the plotted objective. As a result, ecotourism was determined as a development strategy for the subregion, due to the supply and demand that drives it, that is to say, this feature of incipient and ultimately undervalued potentiality that was evidenced in the sub región; And finally, the prospective spatial model was expressed on the basis of an analogy, complemented by demographic and quantitative aspects that support the idea that, in effect, each of

the expressions proposed and analyzed for the case are coherent, in terms of order And territorial development.

Keywords: ecotourism, prospective, territory, model, GIS.

Introducción

A veces nos sentimos orgullosos de los países latinoamericanos por sus riquezas naturales, pero a veces, no se sabe cuál es el mejor camino para que todas las personas interesadas en el mundo las puedan disfrutar, sin descomponer a la sociedad que habita en esos territorios o sin deteriorar la base natural que aún les queda. Y desde el ámbito local, es muy común que los pobladores de lugares con destacados potenciales naturales, no valoren los recursos, porque entre otros asuntos, consideran que aún les sobra, dándole así razón a uno de los postulados de la economía, referidos a los bienes o servicios que se valoran, cuando disminuye su cantidad y viceversa.

En países como Colombia, con grandes potenciales naturales y culturales, pero con diversos vacíos económicos y sociales se refuerza el hecho de “salir adelante” en detrimento de la base natural y de las tradiciones locales, sin pensar en los efectos hacia el futuro. Uno de estos hechos generadores de economías dispersas, es el turismo emergente que ofrece diversidad de alternativas, para todos los gustos, pero que de fondo no resuelven la necesidad fundamental de desarrollo sostenible.

Afortunadamente, después de creados los problemas, también empiezan a surgir ideas para su solución. Lo que da lugar a profesionales de las áreas ambientales para explorar formas de plantear soluciones, de manera que podamos seguir sintiéndonos orgullosos de nuestros países con riquezas naturales y culturales, que los propios pobladores pueden reconocer y los turistas extranjeros pueden conocer.

Es por ello, que, en este ejercicio, se muestra una forma de ordenar el territorio, con enfoque en el ecoturismo, utilizando una metodología que expresa de diferentes formas lo complejo de la situación y lo simple de la solución. Y que llama la atención sobre la necesidad de construir gradualmente, un futuro común, desde el nivel local, pasando por el subregional, hasta el nacional.

Con la incorporación de posiciones creativas y heterodoxas, se establece la importancia de aplicar modelos, que no subestimen las funciones de la naturaleza, sino por el contrario, ver el tejido natural, como una oportunidad para los turistas, de comprender, por una parte, que hacen parte de un todo y por otra, que si no le dan un uso adecuado, se pierde la armonía del entorno, lo que, en consecuencia, redundará en el detrimento de las oportunidades, que puede ofrecer a la comunidad, para su calidad de vida (Posada *et al.* 2016).

Introducción al problema

Uno de los interrogantes para iniciar el diseño de esta propuesta, es el relativo al ordenamiento territorial. Para darle salida a esto, se toman dos referentes, uno el establecido por Roccatagliata (2014), quien afirma que es para establecer una armoniosa relación entre el sistema natural y el de los asentamientos; y dos, el de Posada (2017), quien determina que es para lograr una imagen objetivo, concretar una política, equilibrar cargas y beneficios, en síntesis, para mejorar. Es así como a partir de lo planteado por Posada (2017), se llega a tres puntos claves a destacar: la identificación de potencialidades asociadas al caso de estudio, la realización de prospectiva territorial, y finalmente, la representación de la imagen objetivo de los territorios en modelos espaciales.

Específicamente se ha considerado el ordenamiento territorial bajo un modelo espacial prospectivo, para una

subregión de Colombia con estrategia de ecoturismo. Para lo cual, se parte de la definición de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza -UICN-, quien lo define como aquella modalidad turística ambientalmente responsable, consistente en viajar o visitar áreas naturales sin perturbar significativamente el ambiente, con el fin de disfrutar, apreciar y estudiar los atractivos naturales (paisaje, flora y fauna silvestres) de dichas áreas, así como cualquier manifestación cultural que puedan encontrarse ahí, a través de un proceso que promueve la conservación, con bajo impacto ambiental y cultural que propicie un involucramiento activo y socioeconómicamente benéfico de las poblaciones locales. Es a partir de este concepto que engloba el ecoturismo, que se hace un empalme directo con el ordenamiento del territorio, teniendo en cuenta, el desarrollo de los puntos clave para llevar a cabo la materialización de una imagen objetivo.

Siguiendo en este contexto, se mencionan tres países cuyo crecimiento turístico está relacionado con el ecoturismo: se presenta a Belice, pues su incremento en la industria turística entre 1981 y 1990 fue del 140%, haciendo énfasis en las visitas turísticas a sitios históricos de la cultura Maya, Parques Nacionales y Reservas; y destacándose además que los principales motivos para visitar dicho país son su belleza escénica, el encuentro con la naturaleza y la observación de la vida silvestre, pues son cayos y arrecifes visitados por el 87 % de los turistas. Del mismo modo, se presenta el caso de Perú, cuyos turistas en mayor medida lo prefieren para la observación de aves silvestres en áreas naturales y la visita a áreas naturales protegidas en combinación con otras atracciones culturales. Y finalmente, el caso de Costa Rica, país que viene desarrollando su industria turística con especial interés en el ecoturismo y turismo sostenible, es así como durante la década de los ochenta, se genera una tendencia de conservación y protección del medio ambiente, por lo que se fortalece este tipo de turismo y sobretodo en este tipo de países que cuentan con una abundante biodiversidad (Vanegas-Montes, G.M., 2006).

Por su parte, la situación en Colombia no es muy diferente, según el Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Comercio (2003), teniendo en cuenta que la acogida de esta práctica dentro del desarrollo turístico del país, viene inicialmente dándose gracias al sistema de parques nacionales naturales que ofrecen una variedad de destinos predilectos por los visitantes tanto colombianos como extranjeros, pues es allí donde se busca el contacto con la naturaleza y disfrutar del esparcimiento que pueda ofrecer; del total de áreas del sistema, se identifican aproximadamente 28 con vocación de ecoturismo, teniéndose además que día a día es creciente la demanda de este servicio, lo que constituye un nuevo reto para planear adecuadamente los objetivos de conservación y la mejora de la calidad de los servicios que cumplen.

Asimismo, las reservas de la sociedad civil y Organizaciones No Gubernamentales han incorporado esta práctica con resultados satisfactorios, contribuyendo así al esfuerzo por la educación ambiental y la sensibilización de los ciudadanos incorporando prácticas cotidianas sostenibles con el ambiente. Finalmente, se tiene el caso de la subregión colombiana bajo análisis, que tiene ciertos rasgos que se incluyen dentro de lo ya mencionado, entre ello, la presencia de páramos y reservas naturales, áreas inmersas dentro del catálogo de protección del país, contándose así con una característica primordial para desarrollar este tipo de estrategias enmarcadas en el ordenamiento territorial, y es el hecho de que se tenga un potencial, garantizándose desde este hecho que lo que se proponga tiene vía libre por lo menos desde este nivel, y que de ahí en adelante, es cuestión de la voluntad política que este tipo de iniciativas se lleven a cabo.

Dentro de este contexto, el presente aporte tiene como finalidad compartir el diseño de un modelo de ordenamiento territorial para impulsar la actividad ecoturística en una subregión de Colombia mediante una estrategia de conectividad. Esta iniciativa se planteó para desarrollarse en una subregión de Colombia, integrada

por tres municipios: Fusagasugá, Pasca y Tibacuy, todos ellos emplazados en jurisdicción del departamento de Cundinamarca. El estudio está enfocado a fortalecer el desarrollo de las principales actividades ecoturísticas en los sitios de interés ambiental de la subregión colombiana, mediante una estrategia de conectividad dinamizada desde el municipio de Fusagasugá. De manera particular, se aborda el estudio, bajo una serie metodológica desarrollada por Posada (2017), considerándose así estas expresiones: espacio-temporal, demográfica, literal, analógica, financiera y finalmente cartográfica.

Importancia del problema

Colombia es un país a nivel global conocido entre muchas otras cosas por su distintivo de biodiversidad, dicha característica lo cataloga directa (o indirectamente) como un destino con potencial ecoturístico, al poseer en gran proporción, la particularidad que le da vida a este tipo de turismo. Pese a esto, es bien sabido que si estas actividades no son planeadas o gestionadas de acuerdo a las características de los ecosistemas y la cultura de las regiones (subregión, para el presente caso), se pueden causar impactos ambientales negativos que llevarían a destruir los propios recursos que constituyen el atractivo ecoturístico.

Es en este punto donde este estudio y los de esta misma índole, toman un valor significativo y se convierten en un insumo más, para tener en cuenta a la hora de hablar en términos de ordenamiento territorial; teniendo en cuenta que, de no llevarse a cabo esta actividad de manera planificada, los impactos negativos sobre el territorio están más que destinados a intensificarse. De esta manera, se tiene que no es posible generalizar sobre los impactos que devienen de esta actividad, sin embargo, analizar los factores que la componen, da luces a interpretar lo que sucede/sucedirá en el entorno, con relación al estado de conservación y las características del ambiente, la capacidad de la comunidad de gestionar los recursos, la intensidad de uso de los atractivos, los ámbitos de la autoridad con jurisdicción sobre los sitios de interés, entre otros. Concretando en este punto el hecho de que es posible permear el territorio con impactos tanto positivos como negativos, en los aspectos económico, socioeconómico y/o ambiental.

Por lo anterior, se interpreta además que incluso hablándose desde la óptica de un turismo ambientalmente sostenible, de un turismo amigable con el ambiente, de no llevarse a cabo con las medidas necesarias para garantizar el equilibrio de cargas y beneficios, se conduciría a incurrir en ofertas que no se han cualificado como “eco” y se terminen comercializando sin un diseño de producto responsable y cuidadoso, que ocasionaría en últimas la destrucción de los recursos naturales; es por esto que aunque en el contexto internacional el tema ambiental haya adquirido cierta preponderancia enfocada en modelos de desarrollo, al tema turístico hay que prestarle especial atención, teniendo en cuenta que es una actividad creciente que cada vez involucra un mayor número de personas y paralelo a esto, el desarrollo de una vocación pedagógica de especial importancia que garantice que lo que se plantee perdure en el aspecto multitemporal, multiespacial y multiobjetivo.

En últimas, el modelo espacial prospectivo de ordenamiento territorial para la subregión, en Colombia, es una herramienta completamente válida, útil y necesaria, teniendo en cuenta las implicaciones que ya se han venido exponiendo, lográndose a través de este, establecer una relación armoniosa entre el sistema natural y el de los asentamientos (como lo plantea Roccatagliata, 1994) y en conjunto, con lo planteado por Posada (2017) lograr una imagen objetiva con el apoyo de la identificación de potencialidades y restricciones asociadas a la subregión, la prospectiva territorial (la mirada de futuro que se logra plantear) y la representación de esta imagen objetiva, a través, de modelos espaciales del territorio en cuestión; así como también el de concretar una política (como bien se propone en el presente caso), lograr equilibrar cargas y beneficios; en síntesis, mejorar las condiciones de la subregión, en virtud de las características y dinámicas que presenta.

Metodología

El diseño del modelo prospectivo de ordenamiento territorial para la subregión de Colombia se desarrolla en dos etapas fundamentalmente. La primera de ellas considera el análisis espacial de los sitios de interés ambiental y los ecoalojamientos en los municipios que integran la subregión, luego se desarrolla una propuesta de senderos ecológicos y el emplazamiento de un jardín botánico haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para así construir la estrategia de conectividad.

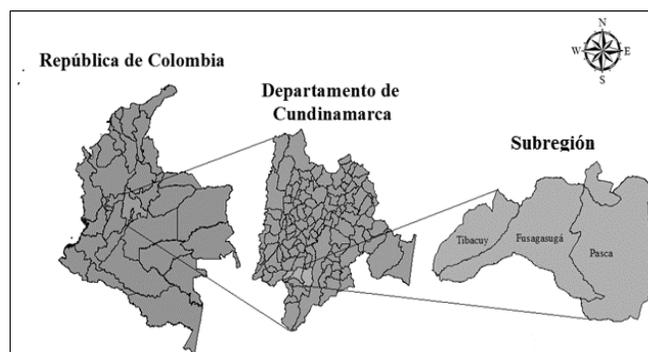


Figura 1

Municipios que integran la subregión

Fuente: Los autores

Primera etapa

Para la construcción de una estrategia de conectividad se analiza y extrae información pertinente de los predios ecoturísticos identificados por Lesmes (2016) y los sitios de interés ambiental (SIA's) recopilados por la Cámara de Comercio de Bogotá y Asocentro (2010) en la Provincia del Sumapaz. Posteriormente se espacializa la información recopilada utilizando el software ArcGIS y se crea un modelo de conectividad utilizando funciones espaciales básicas del software en el que se conectan los ecoalojamientos, senderos ecológicos y sitios de interés ambiental de la subregión. Una vez la información es procesada, se desarrolla la cartografía de acuerdo a la expresión espacio - temporal planteada.

Segunda etapa

La segunda etapa considera el enfoque metodológico propuesto por Posada (2017), en el que se piensa en una imagen objetivo a futuro y, empleando elementos del presente, se desarrolla prospectiva territorial. Para la construcción del modelo prospectivo se emplean seis formas diferentes de expresar y aterrizar la propuesta, para así, contribuir con la armonía territorial de la subregión. Para ello se construyen las siguientes expresiones:

Expresión espacio – temporal: involucra las entidades territoriales participantes del modelo, que incluye a los municipios de Fusagasugá, Pasca y Tibacuy, en relación con el tiempo, este se encuentra dividido en tres fases: corto, mediano y largo plazo.

Expresión demográfica: consideran los datos de 1993 y 2005 del censo realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística y la proyección poblacional: $Y=Y_0 * e^{kt}$ desarrollada por Robert Malthus (Ospina, 1981) en donde Y hace referencia a la población base, Y_0 a la población inicial, k es la constante para cada municipio, e es la constante matemática de Euler y t es tiempo. Para el cálculo de la proyección demográfica se considera tanto población nativa, como población flotante, por tratarse de ecoturismo.

Expresión literal: contempla los planes, programas y proyectos que se realizarán en cada una de las temporalidades asignadas (corto, mediano y largo plazo).

Expresión analógica: se construye con base en las características de la hoja del árbol *liquidambar formosana* cuya pretensión es aclarar y contextualizar de manera explicativa el objetivo del modelo de ordenamiento territorial.

Expresión financiera: se realiza un análisis del presupuesto destinado en los instrumentos de planeación territorial que hacen parte de las entidades territoriales consideradas, y que además están enfocados hacia el desarrollo del ecoturismo.

Expresión cartográfica: utilizando las herramientas cartográficas del software ArcGIS se representan las anteriores expresiones junto con la estrategia de conectividad en mapas referenciados en el sistema de coordenadas MAGNA – Colombia Bogotá.

Resultados

Expresión espacio – temporal

La estrategia de conectividad se dinamiza espacialmente desde el municipio de Fusagasugá que junto con los municipios de Pasca y Tibacuy conforman la subregión. El aspecto temporal está compuesto por tres escenarios: el corto, el mediano y el largo plazo.

Para la ventana de tiempo del corto plazo se incluye la temporalidad desde el año 2018 hasta el 2023; para el mediano plazo se contempla el período desde el año 2024 hasta el 2027; y para la ventana de tiempo del largo plazo, se establece desde el año 2028 hasta el 2031.

Se relaciona lo espacio-temporal anteriormente mencionado en la siguiente figura:

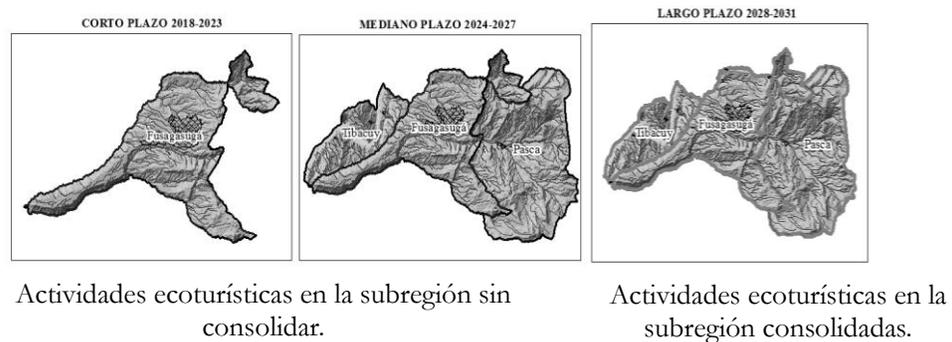


Figura 2

Expresión espacio-temporal subregión

Fuente: Los autores.

Expresión demográfica

A continuación, se proyecta la población para cada uno de los municipios que conforman la subregión, y al final se suman dichas proyecciones para determinar la población total de la subregión para el año 2031.

Tabla 1

Proyección de la población del municipio de Fusagasugá

t	1993 (0)	2005 (12)	2031 (38)
Y	75.333	107.259	262.341

Fuente: Autores**Tabla 2**

Proyección de la población del municipio de Tibacuy

t	1993 (0)	2005 (12)	2031 (38)
Y	4.698	5.524	7.701

Fuente: Autores**Tabla 3**

Proyección de la población del municipio de Pasca

t	1993 (0)	2005 (12)	2031 (38)
Y	9.117	10.876	16.516

Fuente: Autores**Población proyectada para la subregión ecoturística**

$$\sum \text{Población 2031 (Fusagasugá+Tibacuy+Pasca)}$$

$$\sum \text{Población 2031} = 262.341 + 7.701 + 16.516$$

$$\sum \text{Población}_{2031} \text{ Subregión} = 286.558 \text{ habitantes.}$$
Expresión literal**Tabla 4**

Programas, planes y proyectos propuestos para la consolidación del modelo de ordenamiento territorial

Corto plazo 2018 - 2023	Mediano plazo 2024 - 2027	Largo plazo 2028 - 2031
Divulgación estratégica de los SIA's.	Integración de SIA's y el Jardín Botánico a la red de conectividad.	Maduración del programa de divulgación estratégica de los SIA's para la subregión.
Creación del cuerpo de guías ecoturísticas.	Creación de una política pública de ecoturismo para la subregión.	Implementación de la política pública de ecoturismo para la subregión.
Construcción red de conectividad puntos ecoturísticos y los ecoalojamientos.	Incorporación de los municipios de Pasca y Tibacuy al cuerpo de guías ecoturísticas.	Consolidación de la conectividad de los SIA's en la subregión.
Creación de senderos ecológicos.	Construcción de un eje vial temático y ecoturístico.	
Propuesta y consolidación de un Jardín Botánico.	Creación de una cooperativa de transporte. Creación de un sendero ecológico entre Pasca y Fusagasugá.	

Fuente: Autores

Expresión analógica

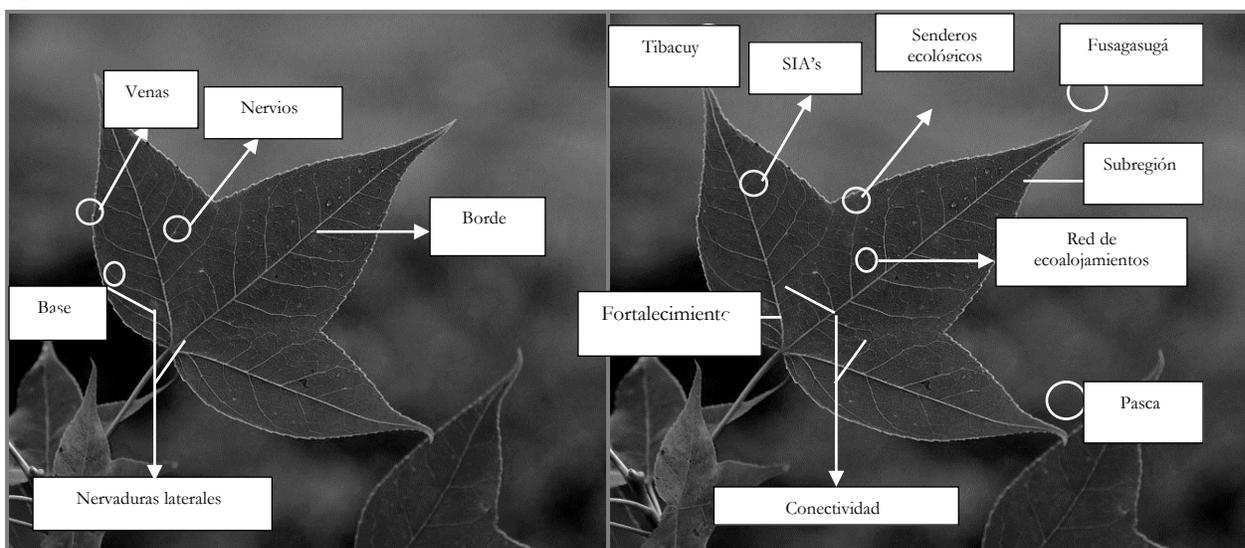


Figura 3

Relación del modelo de ordenamiento territorial y las partes de la hoja del árbol *liquidambar formosana*

Fuente: Autores

Expresión financiera

Tabla 5

Presupuesto para desarrollar el modelo de ordenamiento territorial propuesto en el corto plazo
(2018 – 2023)

Presupuesto departamental	172.078.771,2 COP
Presupuesto municipal (Fusagasugá)	4.804.134.641,9 COP
Subtotal	4.976.213.413,1 COP (1.741.674,69 USD)

Fuente: Autores

Tabla 6

Presupuesto para desarrollar el modelo de ordenamiento territorial propuesto en el mediano plazo
(2024 – 2027)

Presupuesto departamental	149.002.683,60 COP
Presupuesto municipal (Fusagasugá, Tibacuy, Pasca)	4.534.014.843,8 COP
Subtotal	4.683.017.528,40 COP (1.639.056,13 USD)

Fuente: Autores

Tabla 7

Presupuesto para desarrollar el modelo de ordenamiento territorial propuesto en el largo plazo
(2028 – 2031)

Presupuesto departamental	181.114.213,00 COP
Presupuesto municipal (Fusagasugá, Tibacuy, Pasca)	5.521.492.435,6 COP
Subtotal	5.702.656.198,70 COP (1.995.929,67 USD)

Fuente: Autores

De acuerdo con las anteriores cantidades monetarias expresadas y proyectadas en los presupuestos que se establecen en los instrumentos de desarrollo territorial, para el corto, mediano y largo plazo, se indica una inversión del gobierno colombiano de aproximadamente \$15.361'887.140,2 COP (equivalente a 5'376.660,50 USD) en el ámbito referido al turismo.

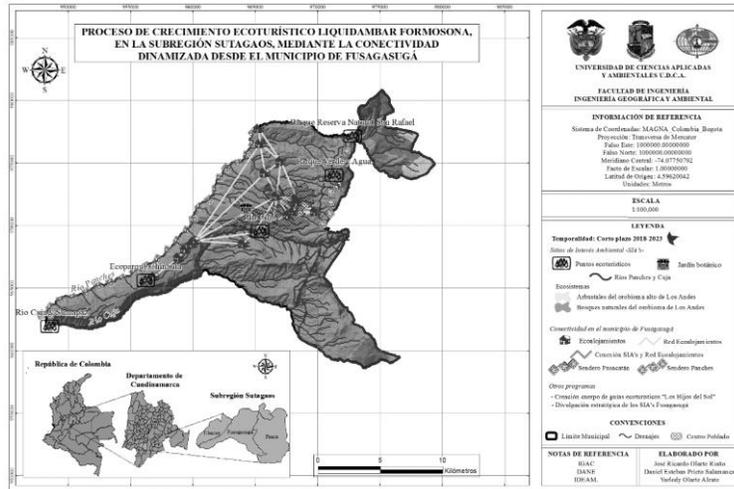


Figura 4

Expresión cartográfica desarrollada para el corto plazo.

Fuente: Los autores

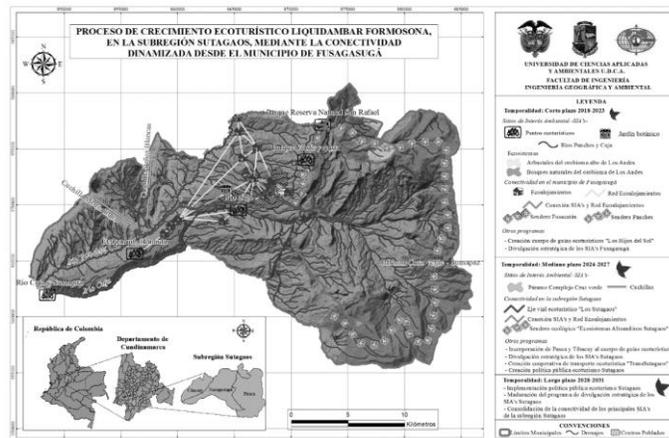


Figura 5

Expresión cartográfica que sintetiza el mediano y largo plazo del modelo prospectivo propuesto.

Fuente: Los autores

Discusión

De acuerdo a los resultados anteriormente expuestos, cada una de las expresiones construidas complementan el objetivo del modelo de ordenamiento territorial prospectivo, cuyo fin es fortalecer las actividades ecoturísticas en la subregión. Para ello, se considera de suma importancia la relación entre la estrategia de conectividad planteada y cada una de las expresiones construidas. La figura 4 muestra el modelo de la red de conectividad para los ecoalojamientos, cuya expresión se amplía en el espacio y en el tiempo tal como lo muestra la figura 5, en la que se ilustra el modelo de conectividad entre los sitios de interés ambiental (SIA's), la red de

ecoalojamientos, los senderos ecológicos y la ruta temática ecoturística en la subregión. De acuerdo con el planteamiento de Barba y Molina (2008) para la región norte de Las Huastecas, México, en el que por medio de las potencialidades territoriales plantearon una estrategia de conectividad, se considera que el modelo aquí propuesto es más completo en relación a que considera la multitemporalidad, la multiescalaridad y lo multiobjetivo. Sin embargo, es claro que se debe correlacionar este tipo de modelos al contexto de las entidades territoriales, en este caso a aquellos municipios que conforman la subregión.

Por otro lado, en relación con las potencialidades territoriales enunciadas por Rueda y Vásquez (2012) vale la pena resaltar que el potencial ambiental con el que cuenta la subregión es clave en el planteamiento del modelo prospectivo, lo que permite a partir del contexto geográfico de los sitios de interés ambiental relacionar las dinámicas de cada uno de los municipios para construir una estrategia de conectividad ecoturística, para que con estos elementos se construya la prospectiva en aras de consolidar un objetivo propuesto que permita el desarrollo en la subregión.

Además, la expresión espacio-temporal se plantea de acuerdo al potencial ambiental y su relación con el ecoturismo, que se adelanta en estos tres municipios, partiéndose de esto, para especializar y conectar en prospectiva los sitios de interés ambiental; apoyado en la dinámica de turismo que ya se presenta en estos municipios, especialmente, y que en sustento con lo propuesto por Muñoz & Torres (2010) en la Patagonia chilena, a través de “Conectividad, apertura territorial y formación de un destino turístico de naturaleza.” se fortalece aún más la idea de que la estrategia de conectividad es una vía ideal para impulsar la creación de nuevos servicios y el apoyo gubernamental, teniendo en cuenta que este proceso o estado evolutivo en el que las dinámicas vienen en constante cambio debido a la conectividad como elemento catalizador, los convierte en territorios vulnerables a dichos cambios, por lo que paralelo a esto, se plantea que se dé un desarrollo sostenible a través del fomento de la conservación tanto de la naturaleza como de las culturas locales, que en esencia son la base del ecoturismo de la subregión.

En adición a lo anterior, la expresión espacio-temporal obedece a la lógica de la dinámica gubernamental de Colombia, con esto, se garantiza que cada uno de los escenarios planteados (corto, mediano y largo plazo) se ajusten a la posibilidad de relacionarse con lo que vendría siendo la voluntad política, incluyéndose lo mencionado, en los instrumentos de planeación del desarrollo que se implementan en el país, entre ellos planes de desarrollo tanto municipal como departamental así como planes de ordenamiento territorial con sus respectivos programas de ejecución dentro de los ya mencionados planes de desarrollo, y por supuesto, la congruencia de que dentro del plan de acción cuatrienal de la Corporación Autónoma Regional en jurisdicción, se contemplen este tipo de temáticas que llevan el sello ambiental de manera transversal.

Las políticas, los planes, los programas y los proyectos expuestos de manera particular en la expresión literal de este modelo, se proponen de manera concordante con la expresión demográfica obtenida, teniendo así que esta proyección poblacional es significativa y que de no llevarse a cabo lo planteado, se estaría incurriendo en un desbalance entre cargas y beneficios, lo que en últimas convertiría al ecoturismo en una actividad que no cumple con los principios del desarrollo sostenible y paralelo a esto, de lo que se pretende con el modelo de ordenamiento territorial en prospectiva.

Finalmente, cabe señalar que la analogía no se ajusta perfectamente al desarrollo cartográfico realizado, sino que, por el contrario, cumple con la pretensión de expresar el objetivo del modelo de ordenamiento territorial prospectivo, desde otra disciplina, brindando así de una manera más clara y explicativa lo que se pretende.

Conclusiones

El éxito que pueda traer consigo, la construcción de un modelo espacial prospectivo de ordenamiento territorial, sin lugar a dudas está ligado con la coherencia entre las potencialidades de un territorio y lo que se propone, cuando estos dos elementos se alinean y en conjunto, la cooperación gubernamental actúa, se logra materializar y llevar de manera correcta el ejercicio de ordenamiento territorial deseado.

Ampliar la escala de análisis al momento de construir un modelo de ordenamiento territorial que busca el desarrollo en el territorio, conduce a la creación de soluciones mucho más acertadas para las entidades territoriales; esto se debe a que las dinámicas que existen en un determinado espacio geográfico se expanden teniendo en cuenta que las delimitaciones o barreras en la realidad no están predichas. Es por lo anterior que la estrategia de conectividad planteada busca más un desarrollo subregional que local, en la medida en que todos los involucrados sean beneficiados y se logre con ello aprovechar el potencial territorial, fortaleciendo la actividad ecoturística que está emergiendo y sobre la cual, es posible construir un desarrollo sostenible para la subregión.

Agradecimientos

Los autores expresan agradecimiento a la docente investigadora Adriana Posada Arrubla, por motivarlos para recorrer el proceso de pasar del pensamiento complejo al simple y viceversa, impulsándolos a diseñar alternativas para el desarrollo de Colombia, y por motivarlos a aportar un granito de arena en equipo, con entusiasmo y alegría.

Referencias

- Barba, V. y Molina, E. (2008). Desarrollo regional por medio de un cluster ecoturístico en la huasteca norte potosina. *Revista da Micro e Pequena Empresa, Campo Limpo Paulista 1* (3). Pp. 13 – 27.
- Cámara de Comercio de Bogotá y Asocentro. (2010). *Plan de desarrollo turístico de la Provincia de Sumapaz + Sibaté*. Recuperado de: <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=>
- Garrocho, C (2011). *Población flotante, población en movimiento: conceptos clave y métodos de análisis exitosos*. Gobierno Federal mexicano. SEGOT. Consejo Nacional de Población. México D.F. Recuperado de: : https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Garrocho3/publication/297731257_Poblacion_flotante_poblacion_en_movimiento_conceptos_clave_y_metodos_de_analisis_exitosos/links/56e189e908ae40dc0abf4fb4/Poblacion-flotante-poblacion-en-movimiento-conceptos-clave-y-metodos-de-analisis-exitosos.pdf
- Lesmes, H. (2016). Contribución con el desarrollo del proyecto de investigación denominado promoción del agro ecoturismo en la provincia del Sumapaz de la empresa agroecoparque Punto Verde. *(Tesis de pregrado)*. Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente & Ministerio de Comercio (2003). Política para el desarrollo del ecoturismo. Recuperado de: https://www.fontur.com.co/aym_document/aym_normatividad/2003/politica_para_el_desarrollo_del_ecoturismo.pdf.

- Muñoz, M. & Torres, R. (2010). *Conectividad, apertura territorial y formación de destino turístico de naturaleza. El caso de Aysén, Patagonia chilena*. Universidad de Concepción. Chile. Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/eypt/v19n4/v19n4a01.pdf>.
- Posada Arrubla, A.; Páez Chávez, J.V. (2016). Modelo de desarrollo local para una zona de Bogotá-Colombia, relacionando la estructura ecológica principal y el proceso de expansión urbana. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 19(2): pp. 445-455.
- Posada Arrubla, A.; Paredes Buitrago, A.D.; Ortiz Romero, G.E. (2016). Enfoque sistémico aplicado al manejo de parques metropolitanos, una posición desde Bogotá D.C. – Colombia. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 19(1): pp. 207-217.
- Posada, A. (2017). Diseño de modelos prospectivos de ordenamiento territorial, utilizando SIG. Una propuesta metodológica. *Revista de Topografía Azimut*, (8), pp.25-40.
- Roccatagliata (1994), citado por Troitiño, M. (2008). *El ordenamiento territorial: experiencias internacionales*. ISBN 978-968-871-900-0. pp. 28. México.
- Rueda, O. y Vásquez, J. (2012). Planes estratégicos subregionales: prospectiva territorial a escala intermedia en el departamento de Antioquia (Colombia), caso del suroeste antioqueño. *X seminario de investigación urbana y regional políticas de vivienda y derechos habitacionales*. Reflexiones sobre la Justicia Espacial en la Ciudad Latinoamericana.
- Schulte, S. (2003). *Guía conceptual y metodológica para el desarrollo y la planificación del sector turismo*. ILPES & CEPAL. Dirección de proyectos y programación de inversiones. Recuperado de: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5589/S2003705_es.pdf;jsessionid=A36BF6015C22DE5E9157567FEFC63B34?sequence=1.
- Vanegas-Montes, G.M. (2006). *Ecoturismo instrumento de desarrollo sostenible*. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>. Consultado: 20 de febrero de 2017.

El turismo: una oportunidad para el desarrollo sostenible en el Ecuador

Ing. Mgs. Roberto Carlos Herrera Anangón

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

r.herrera@uteq.edu.ec

robertoc.herreraa@gmail.com

Ing. Mgs. Verónica Katherin Kang Barzola

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Ing. Mgs. Hernán Estrada

Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Resumen

La investigación tuvo como propósito analizar la situación del turismo en Ecuador a través del análisis de la potencialidad, comportamiento del mercado, efecto económico y determinación de la temporalidad turística con la revisión e interpretación de la información secundaria. Metodológicamente se interpretó el ranking de competitividad, la proyección con el método simple compuesto y la determinación de pronósticos y movimiento turístico con la media móvil. Como resultado de la potencialidad se consideraron nuevos destinos turísticos a partir de las rutas turísticas nacionales. Además, el comportamiento del mercado estuvo definido por la disminución de la demanda turística en los años 2006, 2009, 2015 y 2016 por condiciones como la gripe H1N1, poca resiliencia de la economía, disminución del precio del petróleo y el terremoto. Por otro lado, el efecto económico se ha demostrado en la ubicación del turismo como tercer rubro de las exportaciones no petroleras después del banano y camarón. También se determinaron las temporalidades turísticas potencializadas por las políticas estatales y los calendarios de feriados establecidos. Finalmente, se determinaron indicadores que permitieron proyectar la demanda turística en el periodo 2017-2030 y estimar un pronóstico de turistas que ingresarán al país de 2719872 turistas representados en el diagrama de dispersión.

Palabras claves: Producción, servicios, sector, sustentable, ocio.

Abstract

The purpose of the research was to analyze the situation of tourism in Ecuador through the analysis of potentiality, market behavior, economic effect and determination of temporality, revision and interpretation of secondary information. Methodologically we interpreted the competitiveness ranking, the projection with the simple composite method and the determination of the forecasts and the mobilization of the cooperation with the moving average. As a result of the potential, new tourist destinations were considered from the national tourist routes. In addition, the market behavior determined by the decrease of the demand in the years 2006, 2009, 2015 and 2016 by the conditions like H1N1 influenza, little resilience of the economy, decrease of the price of oil and of the earthquake. On the other hand, the economic effect has been demonstrated in the location of tourism as the third item of oil-free exports after bananas and shrimp. Tourist temporisms enhanced by state policies and established holiday calendars were also determined. Finally, we determined the indicators that allowed the project of the tourist demand in the period 2017-2030 and estimate a forecast of tourists who entered the country of 2719872 tourists represented in the dispersion diagram.

Keywords: Production, services, sector, sustainable, leisure.

Introducción

El potencial turístico en Ecuador se basa en su alta diversidad en términos de cultura, paisajes, sitios históricos y riqueza natural. La relevancia cualitativa y cuantitativa del turismo en Ecuador sustenta la percepción de un gran potencial en el sector que puede ser aprovechado de manera integral. (Ministerio de Turismo del Ecuador, 2009).

El turismo rural es aquel que basa sus actividades en el medio fuera de los núcleos urbanos. Es un tipo de turismo que por sus características, tiene una gran cantidad de variantes para diferentes tipos de mercados, pero con el factor común de participar en actividades relacionadas directamente con la naturaleza. (SAMBITO Soluciones Ambientales S.A., 2009).

El turismo a nivel mundial es una de las industrias con mayor crecimiento e importancia en el ámbito económico, ambiental y sociocultural. Esta importancia se evidencia en el alza en la generación de importantes ingresos para la mayoría de los países que intervienen de manera responsable y sostenible sobre sus productos y atractivos turísticos. Durante los últimos 20 años, el turismo ha experimentado una continua expansión y diversificación, convirtiéndose en uno de los sectores económicos de mayor envergadura y crecimiento del mundo (Ministerio de Turismo del Ecuador, 2015).

La Organización Mundial de Turismo (OMT) en el informe del panorama internacional del 2015 detalla que entre los países que más crecieron en visitantes extranjeros el Ecuador es el segundo país de la región con mayor crecimiento turístico, ya que las llegadas a América del Sur aumentaron un 5% en 2014, gracias al empuje de Argentina (+13%), Ecuador (+14%) y Colombia (+12%), mientras Paraguay (+6%), Chile (+3%) y Perú (+2%) crecían a un ritmo más moderado (Organización Mundial del Turismo, 2015). En la actualidad la oferta del Ecuador está dividida por la estrategia turística de los “los cuatro mundos” Andes (Sierra), Amazonía (Oriente), Costa (Litoral) y Galápagos, lo que ha permitido que el sector turístico pueda disponer de una amplia oferta y el desarrollo sea equitativo, que se tome en cuenta a todos los actores desde el pequeño comerciante hasta las grandes empresas con su imponente presencia en la toma de decisiones de trascendental importancia (R. & E, 2012).

El Ecuador es uno de los 17 países más megadiversos del mundo, es decir, es uno de los países que tiene la mayor diversidad de animales y plantas por área. Según el Ministerio del Ambiente, con menos de 0,2% de la superficie global, el Ecuador alberga 18% de las aves a nivel mundial, 18% de las orquídeas, 10% de los anfibios y 8% de los mamíferos, aunque Galápagos es el destino ecuatoriano que más se promociona y se conoce a nivel mundial, el país ofrece una amplia gama de destinos y productos turísticos, la mayoría de productos se relaciona con la ecoturismo, turismo de naturaleza, sol y playa, turismo comunitario, turismo de deportes y aventura, turismo cultural, agroturismo. El Plan Integral de Marketing turístico del Ecuador, elaborado por el Ministerio de Turismo del Ecuador, enumera los principales destinos y líneas de productos turísticos de “los cuatro mundos” (Castellanos, 2013).

En un país extractivista como el Ecuador, los impactos socio económico y ambiental han inspirado proyectos de cambio que aseguren un futuro sostenible para las siguientes generaciones. Según el Plan Nacional del Buen Vivir, una de las metas es hacer país una “biópolis ecoturística” con miras a un Ecuador post petrolero. Las recientes estrategias de promoción como las campañas “Ecuador Potencia Turística” y “All You Need is

Ecuador” que buscan incrementar la fama de la biodiversidad del país para atraer a más turistas cada año. Según la OMT, el turismo sostenible “tiene plenamente en cuenta las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y medioambientales para satisfacer las necesidades de los visitantes, de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas (Ávila, Iniesta, & Herrero, 2002). El Patrimonio de Áreas Naturales del Estado abarca 48 áreas protegidas que representan aproximadamente el 20% del territorio nacional “Ecuador es uno de los países de América Latina con mayor territorio dedicado a la protección de los ecosistemas (Karin Zárate, 2013).

Introducción al problema

La Gestión de financiamiento en inversión de infraestructura básica y fortalecimiento de capacidades locales conlleva al fortalecimiento del tejido social local y territorial estructurado y organizado, sin duda alguna, es la mejor carta de presentación ante la gestión de proyectos de infraestructura y capacitación en materia de turismo sostenible, los organismos de cooperación no gubernamentales y gubernamentales muestran su interés en prácticas de este nivel y proyectos integrales de gran impacto y valor en cada uno de sus componentes; la inversión en señalización y señalética turística normada, senderos y rutas con materiales propios de la zona con el menor impacto ambiental, capacitación de guías nativos, fortalecimiento de capacidades y servicio al cliente, entre otros, visualizan una perspectiva más prometedora para este importante rubro de generación de dinero para las localidades (Delgado, Herrera, & Kang, 2017).

El éxito en el desarrollo del turismo del Ecuador incluye factores determinantes, como políticas adecuadas, acceso a mercados internacionales a través de operadores turísticos y agentes de viaje, desarrollo del capital humano y una fuerte imagen internacional, además de lo anterior la industria local presenta como retos el ampliar los niveles de coordinación entre sus actores y generar lazos con las cadenas de valor globales, al tiempo que se fortalece el clima de negocios en el país que permite alcanzar los niveles de exigencia del mercado internacional. Del análisis estratégico de la industria se desprenden debilidades más notorias de la industria están la relativa escasez de competencias laborales calificadas y el hecho que, dado que la inversión extranjera en el sector es escasa, no se ha producido transferencia tecnológica significativa ni se ha ampliado la conexión con distribuidores internacionales (ESPOL, 2016).

A pesar de un creciente desarrollo turístico, las debilidades se han derivado del insuficiente conocimiento de la dinámica turística por parte de los actores locales como los Gobiernos Autónomos Descentralizados, gremios privados, promotores comunitarios y la desarticulación de la academia con una inexistente sociedad del conocimiento turístico; en los últimos años se han generado iniciativas particulares de diferentes instituciones públicas, privadas, Organizaciones No Gubernamentales, las mismas que no se articularon en una planificación nacional lo que hubiese generado un impacto nacional con mejores resultados.

Según los reportes del ranking de competitividad del sector de viajes y turismo el Ecuador posee una baja capacidad competitiva por deficiencias del país en su marco regulatorio, el ambiente de negocios, infraestructura orientada al turismo y recursos culturales (medido por el número de sitios declarados por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad), la capacidad de los estadios deportivos, el número de ferias y exposiciones internacionales en el país (Green Consulting, 2011).

La investigación tuvo como principal objetivo el determinar la potencialidad del turismo en Ecuador a partir de objetivos específicos como el análisis de la situación del sector de los servicios turísticos, el análisis de la potencialidad, el comportamiento del mercado, el efecto económico y la determinación de la temporalidad turística con lo cual se estableció que el turismo sostenible es una tendencia de planificación que permitirá

mejorar los procesos, las iniciativas, las estrategias zonales y nacionales como un eje transversal para el desarrollo de todas las actividades turísticas en el Ecuador.

Importancia del problema

La investigación turística ha sido poco profundizada en el ámbito país, tomando en consideración que datos históricos existen, sin embargo publicaciones e interpretación de la información está poco referenciada en espacios, libros y revistas científicas, lo que conlleva al poco desarrollo de investigaciones para llegar a conclusiones que permitan tomar decisiones y planteamientos en el orden de espacios de educación superior e instituciones que tienen la competencia de realizar, fortalecer las sociedades del conocimiento, en este sentido la investigación analiza la situación país en el ámbito turístico desde varias perspectivas y puntos de vista.

Metodología

La República del Ecuador es un país situado en el Hemisferio Occidental al noroeste de América del Sur, su capital es la ciudad de Quito. La superficie del país es 257217,07 Km² siendo su parte continental de 248983,96 km², el territorio insular comprende 8233,11 km² y se ubica al oeste de la zona continental a 1000 km. Ecuador limita al norte con Colombia, al sur y al este con Perú y al oeste con el océano Pacífico, atravesado por el paralelo 0 divide al Ecuador en dos zonas quedando la mayor parte en el Sur. La Cordillera Andina atraviesa al Ecuador de norte a sur, dividiendo al territorio continental en tres regiones geográficas el Litoral o Costa, Interandina o Sierra y Oriental o Amazonía. Cabe mencionar que el Ecuador considera como cuarta región a la Región Insular o Archipiélago de Galápagos y como la quinta región el territorio en el cual se tiene presencia en el continente Antártico (Universidad Técnica de Machala & Lazo Serrano, 2016). (Figura 1). Ecuador tiene una población de 16.144.363 personas, se encuentra en la 69° posición de la tabla de población, compuesta por 196 países y presenta una moderada densidad de población, 63 habitantes por Km².

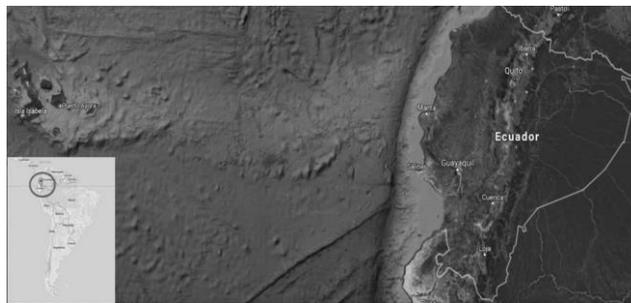


Figura 1

Ubicación geográfica de la República del Ecuador

Fuente: Google maps 2017

Para el presente trabajo se usó la metodología de tipo cualitativo Bibliográfica-documental ya que se consideró la revisión documental y fuentes bibliográficas de libros, documentos técnicos, informes de sitios web Instituciones especializadas con la finalidad obtener un adecuado marco teórico referencial (Hernandez & Fernandez, 2010).

Investigación descriptiva por el uso de datos estadísticos y la generación de información, datos e indicadores que de estos se obtiene como herramientas para la planificación turística.

Para el análisis de la potencialidad, se analizó el ranking de competitividad a través de los índices globales del

foro económico mundial, de los periodos -2016, las Rutas turísticas nacionales tradicionales y los nuevos destinos turísticos. Para el comportamiento del mercado de determinó el comportamiento de la demanda a través del análisis del ingreso de turistas no residentes de la dirección de migración, para determinar índices de crecimiento turístico anual e índice promedio de crecimiento del periodo 2000 – 2016; la demanda fue analizada a partir del análisis de los catastros turísticos que permiten tener la información de prestadores de servicios turísticos, personas vinculadas al sector turístico.

También en la investigación como periodo de referencia de la investigación se tomó el periodo 2000-2016 así también se usó datos obtenidos ingresos de turistas no residentes al Ecuador, en el periodo de 16 años (2000-2016) a través del análisis estadístico aplicando el método de la media móvil y el análisis del Informe del Panorama OMT del turismo internacional Ediciones 2015 – 2016. Finalmente se consideró los indicadores necesarios para la realización de la demanda turística en el periodo 2017-2030.

Resultados

En los treinta últimos años en el Ecuador se han venido definiendo y fortaleciendo las siete rutas turísticas territoriales a nivel nacional de acuerdo al potencial, vocación, uso de suelo y planificación como son la Ruta Paralelo Cero, Ruta Volcanes, Ruta Tren, Ruta Spondylus, Ruta Yacu Ñambi, Ruta del Libertador Simón Bolívar, Ruta del Camino del Inca; en el caso de la Ruta del Camino del Inca está impulsada a través de proyectos de inversión nacional cooperación internacional de los países que se encuentran intervenido por el camino andino.

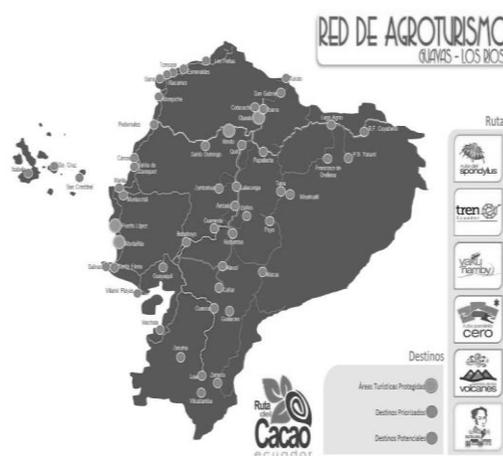


Figura 2

Estrategia de rutas y destinos turísticos del Ecuador

Fuente: Ministerio de Turismo del Ecuador 2015

La riqueza patrimonial de lenguas de los pueblos y nacionalidades del Ecuador es muy significativa ya que al tener un territorio es megadiverso se puede encontrar en la región costa las nacionalidades Awa, Chachi, Epera, Tsáchila con sus lenguas Awapít, Cha palaa, Siapede, Tsa'fiquí, en la Región de la Amazonía con los pueblos Cofán, Secoya y Siona, Huaorani, Shiwiar, Zápara, Achuar, con sus lenguas nativas como Andoa, Kichwa, Shuar, con las lenguas como el Ingae, Paicoca, Huao Tedeo, Shiwiar Chicham, Zapara, Achuar Chicham, Andoa, Kichwa, Shuar Chicham y la región Sierra con la lengua Kichwa que se habla en 18 pueblos originarios hablan el idioma Kichwa.

El análisis del efecto económico ubica al turismo como tercer rubro de las exportaciones no petroleras después

del banano y camarón. La determinación de la temporalidad turística a partir del cálculo de la media móvil se detalla el flujo turístico desde el 2000 hasta el año 2016, con un periodo de 17 años, donde se determina un crecimiento promedio de 4,79%, tomando en cuenta que durante este tiempo se dieron algunos fenómenos que de acuerdo al comportamiento del mercado turístico en el Ecuador y los nuevos destinos turísticos en los últimos años se vieron afectados por la disminución de la demanda turística en los años 2006, 2009, 2015 y 2016 por condiciones como la gripe H1N1, poca resiliencia de la economía, disminución del precio del petróleo y el terremoto.

En el año 2006 se tiene un crecimiento negativo de -2,30 con una disminución de 19333 turistas, en el año 2009 se tiene un crecimiento negativo de -2,20 con una disminución de 21267 turistas, en el año 2015 se tiene un crecimiento negativo de -0,81 con una disminución de 12528 turistas por otro lado también se analiza los años que se mostró un mayor flujo turístico como los años 2003, 2007 y 2012 se muestra un incremento significativo del crecimiento de 10,23%, 10,34% y 10,29% respectivamente. El año 2014 se tiene el mayor crecimiento del turismo de 1 556.991 con un crecimiento de 12,39%, dándose las condiciones más óptimas de los últimos años.

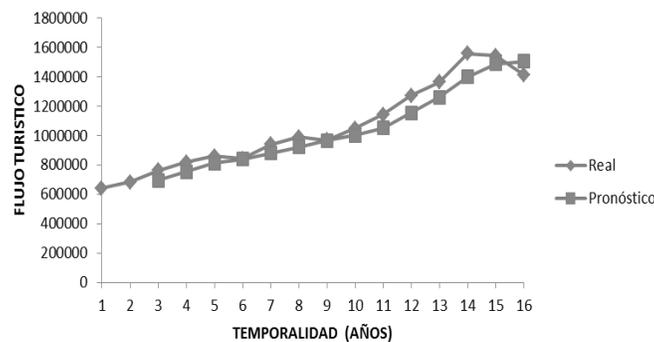


Figura 3

Media móvil y pronóstico del flujo turístico del Ecuador 2017

Fuente: MINTUR 2017 Elaborado por: autores

En el año 2016 se tiene el mayor descenso del crecimiento de -9,32 valores que muestra una disminución de 131695 turistas. Considerando el flujo turístico las temporadas altas en este año fueron los meses de enero, marzo, julio y diciembre en la temporada media se determina a los meses de febrero, junio, agosto, octubre y la temporada baja con la menor afluencia turística están los meses de abril, mayo, septiembre y noviembre.

Se analizó la importancia del tren en el flujo turístico nacional es así que a partir del 2009 que inicio de rehabilitación de la ruta del tren se empieza planificación el enfoque turístico que tiene hasta la actualidad, hasta que en el 2010 se constituye ya la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador y finalmente en el 2014 de empieza a implementar el Plan 2015 - 2017 de Ferrocarriles del Ecuador donde la visión es que “para el año 2017 Ferrocarriles del Ecuador EP y su marca Tren Ecuador será el principal Tren Turístico de Sudamérica, brindando un servicio turístico ferroviario eficiente, eficaz y sostenible operacionalmente con estándares de calidad mundial” (Rendición de cuentas FEEP 2015), la misma que se ha cumplido a partir de la cumplido por los reconocimientos y logros a los que se ha hecho merecedor en los últimos años, entre los más importantes el Premio (World Travel Awards) como Mejor Tren de Lujo de América del Sur, Certificado de Excelencia por parte de Trip Advisor, Reconocimiento General Rumiñahui a las Buenas Prácticas de Responsabilidad Social.

En este proceso se empieza a dinamizar las economías locales en los territorios por los que pasa la ruta del tren a partir del fortalecimiento de la cadena productiva donde empiezan a mejorar la interacción de los sectores privados y comunitarios generando alternativas generadoras de valor y empleo bajo el marco de los Productos y Servicios Turísticos del Tren, fomentando participación colectiva y la gestión en lo local, es así que en el año 2015 se han generado y fortalecido 5.497 empleos estables relacionados directamente al turismo y 16.491 empleos relacionados a su cadena de valor.

A partir de la creación de servicios complementarios a la ruta del tren se han fomentado 24 Cafés del Tren, 15 Tiendas del Tren, 14 Plazas Artesanales del Tren, 2 Refugios del Tren, 13 Museos del Tren.

El flujo turístico en la ruta del tren Ecuador en el periodo 2015-2016 se tuvo el 258992 turistas nacionales e internacionales y por las condiciones de recesión económica por el precio del barril el crecimiento turístico fue negativo de -25.66%. La ruta turística en el año 2016 se distribuye en quince tramos (incluido el Tren Crucero) y se agrupa estratégicamente en cuatro filiales; esta ruta tiene un flujo turístico total de 114.773 turistas en su mayoría de procedencia nacional.

Para el fomento de la actividad turística se promueve una política de feriados priorizados en el decreto 858 de la presidencia de la república 2017 – 2020 los mismos que para el 2017, los días de feriado se establecieron de la siguiente manera: febrero (Lunes 27 y martes 28 – Feriado de Carnaval), abril (Viernes 14 – Feriado de Viernes Santo), mayo (Lunes 1 – Día del Trabajo, el feriado del miércoles 24 de Mayo-Batalla de Pichincha, se traslada al viernes 26), agosto (El feriado del jueves 10 de Agosto- Primer Grito de la Independencia, se traslada al viernes 11), octubre (Lunes 9 – Independencia de Guayaquil ,Noviembre), noviembre (Jueves 2 de noviembre – Día de los Difuntos, Viernes 3 de noviembre – Independencia de Cuenca), diciembre (Lunes 25 de diciembre-Navidad, El 1 de enero del 2017).

Para el 2018: enero (Lunes 1 –Año Nuevo), febrero (Lunes 12 y martes 13 – Feriado de Carnaval), marzo (Viernes 30 - Feriado de Viernes Santo), mayo (Martes 1 – Día del Trabajo, El feriado del jueves 24 de Mayo-Batalla de Pichincha, se traslada al viernes 25), agosto (Viernes 10 de Agosto- Primer Grito de la Independencia), octubre (El feriado del martes 9 – Independencia de Guayaquil se traslada al viernes 12), noviembre (Viernes 2 de noviembre – Día de los Difuntos, Sábado 3 de noviembre – Independencia de Cuenca), diciembre (Martes 25 de diciembre- Navidad, Lunes 31 de diciembre).

Para el 2019: enero (Martes 1 de enero), marzo (Lunes 4 y martes 5 – Feriado de Carnaval), abril (Viernes 19 - Feriado de Viernes Santo), mayo (Miércoles 1 – Día del Trabajo, Viernes 24 de Mayo-Batalla de Pichincha), octubre (El feriado del miércoles 9 – Independencia de Guayaquil se traslada al viernes 11), diciembre (Miércoles 25 de diciembre- Navidad, Lunes 30 y martes 31 de diciembre y para el 2020: Enero (Miércoles 1 de enero), Febrero (Lunes 24 y martes 25 – Feriado de Carnaval), Abril (Viernes 10 - Feriado de Viernes Santo), Mayo (Viernes 1 – Día del Trabajo, Agosto (Lunes 10 de Agosto – Primer Grito de Independencia), Octubre (El feriado del viernes 9 – Independencia de Guayaquil), Noviembre (Lunes 2 – Día de los Difuntos Martes 3 – Independencia de Cuenca), diciembre (Viernes 25 de diciembre- Navidad).

La Competitividad Global en el Ecuador es un factor importante para determinar la situación actual del país entorno a diferentes factores, cuyos indicadores son 14 indicadores, los que han sido analizados en el periodo 2007 – 2017 donde se tiene como resultado de clasificación negativa durante el año 2008 se ubicándose en el puesto 103, en el 2009 el puesto 104 (World Economic Forum, 2009)y en el año 2011 ubicándose en el puesto

105; las mejores ubicaciones del ranking de competitividad global se dan en el año 2014 en el puesto 71 (World Economic Forum, 2015) , en el 2016 en la ubicación 76 (Organización Mundial del Turismo, 2016) y en el 2017 se da una baja de 11 posiciones ubicándose en el puesto 91.

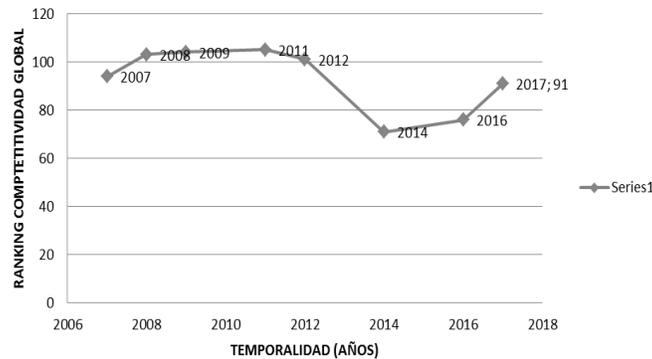


Figura 4

Ranking de competitividad global de Ecuador del periodo 2007 - 2017

Elaborado por: Autor

Fuente: Foro económico mundial 2007 - 2017

En cuanto a la competitividad en viajes y turismo el Ecuador según el Travel and Tourism Competitiveness Report -Reporte de Competitividad de Viajes y Turismo 2017 (World Economic Forum, 2017), el país tuvo una de las mejores ubicaciones encontrándose en el puesto 57° (de entre un total de 136 países), por debajo de Brasil, Chile, Argentina, Perú y sobre Colombia, Uruguay, Bolivia, Venezuela, Paraguay, mostrando fortalezas en los recursos naturales, salud e higiene, seguridad y protección, priorización de viajes y turismo, precios competitivos y debilidades en indicadores como los infraestructura en transporte aéreo, apertura internacional y recursos culturales y viajes de negocios, (de entre catorce indicadores y 136 países valorados).

En el 2017 el Ecuador mejoró su competitividad en viajes y turismo, sin embargo históricamente en los últimos años el país poseía una baja capacidad competitiva (Green Consulting, 2011), siendo los factores más notorios las deficiencias de su marco regulatorio (que mide el grado en que el ambiente político es propicio para el desarrollo del sector de viajes y turismo a través de indicadores como la apertura a la inversión extranjera, la protección de los derechos de propiedad, el tiempo y costo necesarios para la creación de una empresa, los requisitos de visado para los visitantes a entrar en el país, y la apertura de los acuerdos bilaterales de servicios aéreos entre el gobierno y otros países), en el ambiente de negocios, infraestructura orientada al turismo (que toma en cuenta la infraestructura de alojamiento -el número de habitaciones de hotel y la presencia de empresas de alquiler de autos, así como una medida de la infraestructura financiera para los turistas la disponibilidad de los cajeros automáticos) y recursos culturales (medido por el número de sitios declarados por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad), la capacidad de los estadios deportivos, y el número de ferias y exposiciones internacionales en el país).

En la investigación se analizan los datos del periodo 2008-2017 (9 años), de los cuales no se tiene datos oficiales en los informes de The Travel & Tourism Competitiveness Report del foro económico mundial en los años 2010, 2012, 2015 y 2016; en los años 2013 se presenta una de las mejores ubicaciones del Ecuador con el puesto 81 y la mejor ubicación se da en el año 2017 clasificándose en el puesto 57 (World Economic Forum, 2017), mejorando considerablemente su competitividad en viajes y turismo.

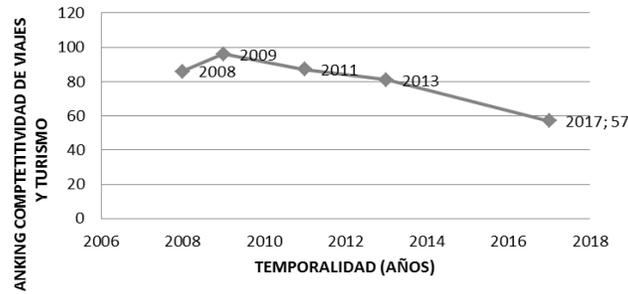


Figura 5

Ranking de competitividad de viajes y turismo de Ecuador en el periodo 2008 - 2017

Fuente: Autores

Las posiciones del Ecuador a nivel de competitividad global y viajes turismo, presentan diferentes indicadores que permiten ver la ubicación del país en el ámbito internacional, en tal sentido se puede observar que la competitividad de viajes y turismo está mejor posesionada que la competitividad global, considerando que las variables para su valoración abarcan indicadores más amplios y enfocados a otros sectores.

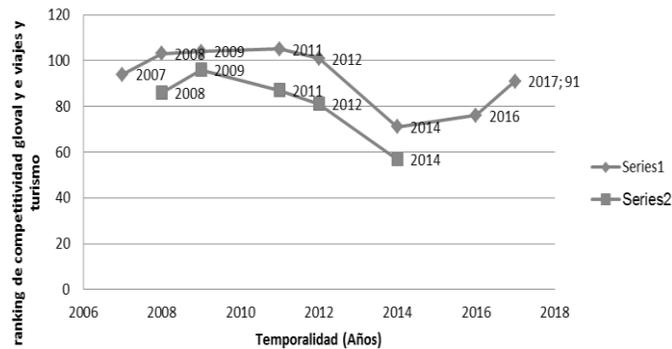


Figura 6

Análisis comparativo de la competitividad global y viajes y turismo de Ecuador

Fuente: Foro Económico Mundial 2007 -2017

Elaborado por: autores de la investigación

Finalmente se realizó la proyección de la demanda turística en el periodo 2016 -2030 donde con un crecimiento del 4,79% como promedio de crecimiento en los últimos años donde se tiene referencia de registros estadísticos se tiene una proyección de 2719872 turistas.

Discusión

La investigación con un carácter de análisis estadístico presenta los principales indicadores turísticos del Ecuador de los últimos diecisiete años, por lo que muestra un panorama de crecimiento turístico demostrado principalmente en el flujo y en las tendencias de líneas de productos y variedades turísticos a partir del planteamiento del PLANDETUR 2020, que da como resultado la madurez de algunos destinos turísticos en el Ecuador a partir de la estrategia de marketing turístico de los cuatro mundos.

La competitividad de viajes y turismo con el análisis del foro económico mundial presenta mejoras en los indicadores ubicándose en el puesto cincuentaisiete, en el último año con lo que se presenta la mejor clasificación de los últimos años, proyectándose con ello a convertirse en uno de los cinco países de América del sur con

mejores condiciones especialmente en recursos turísticos naturales y culturales, teniendo que ,mejorar en temas de seguridad e infraestructura para en los próximos años tener una mejora clasificación en el ranking de competitividad global, viajes y turismo.

Conclusiones

El Ecuador se convierte en los últimos años en un potencial turístico fortalecido por las campañas de promoción y difusión enmarcadas inicialmente en la marca Ecuador la vida en estado Puro, Ecuador Ama la Vida, All you Need is Ecuador y la estrategia de los cuatro mundos, también presenta mejora en la competitividad de viajes y turismo ubicándose en el puesto cincuentaisiete y desmejorando en la competitividad global clasificándose en el puesto noventauno, dentro de las políticas se establece una ley de feriados que define claramente las temporadas turísticas en el periodo 2017 – 2020; entorno a la proyección de la demanda turística en el periodo 2016 -2030 se tiene un crecimiento del 4,79% y una proyección de 2719872 turistas.

Agradecimientos

El reconocimiento a las personas que facilitaron la información y que son parte del proceso investigativo en el Ecuador, a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y sus principales autoridades por la confianza en el trabajo, al equipo de estudiantes de la UTEQ de la Carrera de Ecoturismo, a mi familia por confiar en el esfuerzo de cada día y en especial a Dios por la salud y por la sabiduría que nos brinda.

Referencias

- Ávila, R., Iniesta, A., & Herrero, D. (2002). Turismo Sostenible Un nuevo motor de desarrollo para el Ecuador. *ENFOQUE*, 5(1), 8. Retrieved from: http://scholar.google.es/scholar?as_q=%22turismo+sostenible%22&as_epq=&as_oq=&as_eq=&as_occt=any&as_sauthors=&as_publication=&as_ylo=&as_yhi=&hl=es&as_sdt=0%2C5#3.
- Castellanos, M. L. (2013). El turismo en un Ecuador megadiverso. *Revista Gestión*, 1(201), pp.46–50. Retrieved from http://www.revistagestion.ec/wp-content/uploads/2013/10/201_Turismo.pdf.
- Delgado, J. I., Herrera, R. C., & Kang, V. K. (2017). La visión emprendedora del Turismo Sostenible en el Corredor Turístico Paraíso Subtropical en los cantones Cumandá y Pallatanga, Ecuador. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 22(3), pp.36–44. Recuperado de: <https://doi.org/10.9790/0837-2203053644>.
- ESPOL, E.-.(2016). Estudios industriales, Orientación estratégica para la toma de decisiones, Industria turística Ecuador. *ESPAE*, 1(1), pág. 36. Green Consulting. (2011). *Plan estratégico de desarrollo turístico del destino Cuenca y su área de influencia*. Cuenca. Retrieved from www.cuencaturismo.gob.ec.
- Hernandez, R., & Fernandez, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. (M.G. HILL, Ed) (Quinta Ed). Mexico: Mc Graw HILL.
- Karin Zárate, C. (2013). *Manual para la Gestión Operativa de las Áreas Protegidas de Ecuador* (1st ed.). Quito, Ecuador: Imprenta Mariscal. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/02/04-Manual-para-la-Gestión-Operativa-de-las-Áreas-Protegidas-de-Ecuador.pdf>.
- Ministerio de Turismo del Ecuador. (2009). *PLANDETUR2020, Plan de Desarrollo de Turismo Sostenible para Ecuador*. Seiz. Quito.
- Ministerio de Turismo del Ecuador. (2015). *Proyecto Ecuador potencia turística*, 1(1), pág.129.

- Organización Mundial del Turismo. (2015). *Informe Panorama OMT del turismo internacional 2015. Annual Report*. Recuperado de: <https://doi.org/10.18111/9789284416875>.
- Organización Mundial del Turismo. (2016). *Informe Panorama OMT del turismo internacional 2016. Annual Report*, 1(1), pág.16. <https://doi.org/10.18111/9789284416875>.
- R., C., & E, M. (2012). Análisis histórico de la evolución del turismo en el territorio Ecuatoriano. *RICIT Universidad de Especialidades Turísticas- UCT*, 1(4), pp.8–24.
- SAMBITO Soluciones Ambientales S.A. (2009). *Formación de una red de agroturismo en las provincias de Guayas y Los Ríos*. Guayaquil.
- Universidad Técnica de Machala, & Lazo Serrano, C. A. (2016). *Geografía Turística en el Ecuador* (PRIMERA ED). Machala.
- World Economic Forum. (2009). *The Travel & Tourism Competitiveness Report 2009*.
- World Economic Forum. (2015). *The Global Competitiveness Report 2014-2015* (Vol. 5). Recuperado de: <https://doi.org/92-95044-35-5>.
- World Economic Forum. (2017). *The Travel & Tourism Competitiveness Report 2017*. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/WEF_TT_Competitiveness_Report_2013.pdf.

Elaboración de un producto de Agroturismo para los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia, provincia de Los Ríos

Carlos Muñoz Ponce

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

carlosmunoz487@gmail.com

Resumen

La presente investigación muestra la elaboración de un producto agro turístico para los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia, provincia de Los Ríos. Este trabajo comprende el estudio de mercado desarrollado para determinar el perfil de visitante de estos sitios con la finalidad de vivir experiencias únicas, demanda del producto turístico, competencia con otros cantones que ofrecen este tipo de producto agro turístico, disponibilidad económica y tiempo para realizar tours, con estos resultados se planteó el producto turístico, tomando información vital del análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, permitiendo crear dos paquetes turísticos que involucren los tres cantones en dos días de tour a un precio accesible, full time, gastronomía típica, artesanías, historia del cacao provincial, hospedaje en Hostal Aroma de Cacao. Finalmente se plantearon los medios para difundir los paquetes turísticos que cuentan con la marca representativa del producto agro turístico, abarcando logotipo, eslogan, así como los costos publicitarios para su puesta en el mercado. Todo con el objetivo que este producto sea reconocido a nivel local, nacional e internacional por ser diferenciador, único en su sector, abarca tres mercados, consolida la cultura e identidad de su pueblo, crea fuentes de empleo y mejora la calidad de vida de habitantes.

Palabras claves: producto agro turístico, estudio de mercado, competencia, paquetes turísticos, turismo.

Abstract

The present research shows the elaboration of an Agrotourism Product for the cantons Buena Fé, Quevedo and Valencia, province of Los Ríos. This work includes the market study developed to determine the visitor profile of these sites in order to live unique experiences, demand of the tourism product, competition with other cantons that offer this type of agroturistic product, economic availability and time for tours, With these results the tourist product was taken, taking vital information from the analysis of the strengths, opportunities, weaknesses and threats, allowing to create two tour packages that involve three cantons in two days of tour at an affordable price, full time, typical gastronomy, Handicrafts, history of the provincial cocoa, lodging at lodging house Aroma de Cacao. Lastly, the means for disseminating the tourist packages that have the representative brand of the agro-tourism product, including the logo, the slogan and the advertising costs for its market launch, were proposed. All with the aim that this product is recognized at local, national and international level as a differentiator, unique in its sector, encompasses three markets, consolidates the culture and identity of its people, creates sources of employment and improves the quality of life of population.

Keywords: agro tourism product, market, competition, tourism packages, tourism.

Introducción

Introducción al problema

El turismo es un fenómeno social, cultural y económico relacionado con el movimiento de las personas a lugares que se encuentran fuera de su lugar de residencia habitual por motivos personales o de negocios/profesionales. Estas personas se denominan visitantes (que pueden ser turistas o excursionistas; residentes o no residentes) y

el turismo tiene que ver con sus actividades, de las cuales algunas implican un gasto turístico.

Como tal, el turismo tiene efectos en la economía, en el entorno natural y en las zonas edificadas, en la población local de los lugares visitados y en los visitantes propiamente dichos. Debido a estos diversos impactos, la amplia gama y variedad de factores de producción requeridos para producir los bienes y servicios adquiridos por los visitantes y al amplio espectro de agentes involucrados o afectados por el turismo, es necesario adoptar un enfoque global del desarrollo, la gestión y la supervisión del turismo. Este enfoque es muy recomendable con miras a la formulación y puesta en práctica de políticas de turismo nacionales y locales, así como de acuerdos internacionales u otros procesos en materia de turismo.

El agroturismo es una modalidad del turismo en espacios rurales, asociada a la participación y/o observación activa del turista en las actividades agropecuarias y/o prestación de servicios de alojamiento, diversión, aprendizaje, gastronomía y comercialización (de productos frescos y/o procesados), dentro de la misma propiedad agrícola. Bajo este panorama se afirma que, desde el enfoque de desarrollo rural territorial, los emprendimientos agro turísticos deben ser gestados y administrados por las familias propietarias de las fincas o de las plantas agroindustriales, a fin de que el valor agregado quede en el lugar y se conserven las tradiciones agroindustriales, gastronómicas y culturales, que son la razón de ser del agroturismo.

La característica de este tipo de turismo es que las comunidades se involucran activamente en los procesos. Por tal motivo, el presente proyecto pretende elaborar un producto agro turístico para los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia a través de un estudio de mercado que permita diagnosticar su viabilidad para su promoción y difusión. Los métodos de investigación empleados son: inductivo, sintético y analítico necesarios para desarrollar los cinco capítulos que comprenden este trabajo investigativo.

Importancia del problema

Son innumerables los recursos naturales y culturales existentes en la provincia de los Ríos que poseen un gran potencial turístico aún no desarrollados lo cual genera el desconocimiento de su existencia por parte de sus habitantes, esto a su vez promueve el aprovechamiento inadecuado de los mismos hasta su explotación, este fenómeno causa el desinterés y la movilidad de sus habitantes a sitios fuera de los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia temas de estudio limitando el correcto aprovechamiento y preservación de sus recursos que motivan a la creación de los productos turísticos. En base a este análisis es necesario elaborar un producto agro turístico en los cantones mencionados anteriormente.

Metodología

Métodos de investigación

Inductivo: Se recopiló información preliminar a partir de la observación y aplicación de encuestas que permitieron definir el perfil del turista y la elaboración de los paquetes turísticos propuestos.

Analítico: Este método abarcó el análisis de la información para determinar las causas y efectos de los elementos que lo componen.

Sintético: Permite sintetizar la información recopilada para viabilizar el análisis y determinación de conclusiones claras y específicas de los objetivos planteados.

Fuentes de recopilación de información

Determinadas fuentes de recopilación de información vinculan a las fuentes primarias y secundarias para la resolución de problemas de investigación:

Primarias: En esta primera parte se realizó la revisión de textos, revistas científicas, tesis de grado, información gubernamental, en general.

Secundarias: Tendrá lugar a través de la recopilación de información obtenida de encuestas, entrevistas y de la observación directa del objeto de estudio.

Diseño de la investigación

La presente investigación se fundamentó en un diseño no experimental se llevará a cabo el siguiente proceso:

Estudio de mercado agro turístico en los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia, provincia de Los Ríos.

El cumplimiento de este objetivo será a través de los siguientes aspectos:

- Recopilación de información concerniente a productos agro turísticos disponible en internet, revistas especializadas e información de los tres cantones objeto de estudio.
- Definición del mercado objetivo.
- Aplicación fórmula estadística de Canavos; la estadística es inductiva ya que se proyecta de lo específico (muestra) hacia lo general (población) considerando sus errores aceptables.
- Cálculo de la muestra, será el número de sujetos que componen la población de los tres cantones.
- Realización de encuestas al mercado objetivo para conocer sus preferencias.
- Interpretación de los datos obtenidos a través de las entrevistas y encuestas.

Elaboración de producto agro turístico.

Para el logro de este objetivo se plantea:

- Una vez determinado el estudio de mercado, conociendo sus gustos y preferencias de los potenciales demandantes de productos agro turísticos.
- Se realizará el diagnóstico interno y externo de los tres cantones (Buena Fé, Quevedo y Valencia).

Definición de estrategias de promoción y difusión del producto agro turístico diseñado.

Una vez resuelto el primer y segundo objetivo específico se plasmarán las estrategias de promoción y difusión, medios de comunicación que los turistas prefieren para conocer alguna oferta turística, la finalidad es comercializar el producto diseñado.

Se considerarán los costos estimados:

Tratamiento de los datos

Población: La determinación del universo se seleccionó a la población económicamente activa de los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia.

Tabla 1

Población económicamente activa de los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia

Cantones	PEA
Buena Fe	19.535
Quevedo	60.189
Valencia	20.874
Total	100.598

Fuente: INEC

Elaborado por: Autor

Muestra

Una vez establecido el universo, se procede a aplicar fórmula de Canavos para determinar el tamaño de la muestra.

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N₁ = tamaño de la población 100598 PEA (Buena Fé, Quevedo, Valencia).

σ = Desviación estándar de 0,5.

Z = Valor del 95% de confianza equivale a 1,96 que es lo más usual.

e = Límite aceptable de error muestral con un valor de 0.05

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2}$$

$$= \frac{100598 * (0,5)^{2*}(1,96)^2}{(0,05)^2(100598-1)+(0,5)^{2*}(1,96)^2}$$

n = 382 encuestas

Asignación proporcional PEA en los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia.

Fórmula

$$n_1 = n \left[\frac{N_1}{N} \right]$$

Tabla 2

Número de encuestas a aplicarse a la población económicamente activa de cada cantón

Nº	Cantón	PEA	Asignación proporcional	Número de encuestas
1	Buena Fé	19.535	n ₁ = 382 (3000/21200)	74
2	Quevedo	60.189	n ₁ = 382 (16200/21200)	229
3	Valencia	20.874	n ₁ = 382 (2000/21200)	79
Total		100.598		382

Fuente: Autor

Resultados

Las encuestas aplicadas a 382 personas en los cantones determinaron el perfil de potenciales turistas quiénes visitarían a Buena Fé, Quevedo y Valencia para demandar de productos, actividades y servicios que se oferten en el mercado turístico. Se lograron obtener los siguientes datos:

Es importante mencionar el gasto por consumo de producto turístico que realizarían los turistas, (entre \$46,00 a \$61,00 un promedio por persona, viajan preferentemente en familia para realizar actividades como: vinculación con la producción agrícola, naturaleza, degustar la gastronomía y hacer ciclismo) este gasto, multiplicado por cada consumo de actividades al día por cada turista que llegaría a estos cantones durante las vacaciones o motivos religiosos festivos con temporalidad a más de tres días demandando principalmente servicios y facilidades principalmente de gastronomía ya que prefieren la comida típica del sitio, guianza turística, también, artesanías propias del lugar, ofrece un panorama claro de la magnitud económica potencial en los destinos y el producto agro turístico a ofertarse en estos sitios.

Como parte del perfil de turista nacional que actualmente visitan los cantones mencionados anteriormente, destacan los procedentes de la provincia Los Ríos, en rango de edad 18 a 40 años mayoritariamente género femenino con nivel educacional secundaria y superior, quienes se informan preferentemente a través del internet, y televisión, planean sus viajes en firma independiente, aunque, algunos prefieren hacerlo a través de agencias turísticas, muestran notablemente la aceptación para realizar recorridos agro turísticos, haciendo uso de hostales, hosterías, hoteles en sus viajes. Este componente advierte el desarrollo hotelero en cuanto se ponga de manifiesto el desarrollo del producto agro turístico proponente en esta investigación.

Si bien es cierto, la provincia de Los Ríos aún no es considerada un destino turístico donde se pueda desarrollar el turismo a gran escala, su producción agrícola contiene los atributos necesarios para convertirse en una opción verde de su oferta turística ya que cuenta con la vegetación y espacios indispensables para la elaboración de productos turísticos que requiere actualmente el turista ya que están dispuestos a pagar más por visitas al aire libre que promueve la creación de nuevos negocios y mejoran la calidad de vida de quienes viven en estos destinos preservando el patrimonio natral y cultural del lugar.

Especificación de los paquetes turístico

Una vez que se identificó los potenciales productos que pueden ser implementados se elaboraron los siguientes paquetes turísticos:

Paquete agro turístico N° 1: “Camino de la productividad cacaotera”

Detalle del tour: En este tour se dispone de acceso a actividades de producción agrícola-cacaotera que se desarrolla en el cantón Valencia que involucra actividades de naturaleza (senderismo) y la gastronomía.

Tiempo de duración: 1 día.

Característica: Servicios, actividades y producto agro turístico en relación al cacao.

Tabla 3

Itinerario del paquete agro turístico “Camino de la productividad cacaotera”

Hora	Actividades a realizar	Duración
08:00	Desayuno típico	45 minutos
08:45	Salida desde la ciudad de Quevedo hasta el cantón Valencia.	45 minutos
09:30	Charla informativa acerca de la importancia de la producción cacaotera nacional, provincial y local.	30 minutos
10:00	Recorrido por la finca donde se apreciará: -visita a al sembrío cacaotero. -recolecta de cacao.	2 horas
12:00	Almuerzo en finca agroproductiva	1 hora
13:00	-visita al sembrío. -sacar la mazorca del cacao. -secado del cacao.	2 horas
15:00	Elaboración bebida de chocolate artesanal	1 hora
16:00	Degustación bebida de chocolate artesanal	1 hora
17:00	Retorno a la ciudad de Quevedo	30 minutos
17:30	Descanso	1 hora y 30 minutos
19:00	Compra de artesanías en el hostel aroma de cacao.	1 hora
20:00	Cena hostel aroma de cacao.	1 hora
21:00	Fin de servicio.	

Fuente: Autor

Paquete agro turístico N° 2: “Producción tecnológica del cacao”

Detalle del tour: La disponibilidad de realizar este tour se basa en visitar un centro de acopio que transfiera paquetes tecnológicos a fincas cacaoteras del cantón Buena Fe, así como actividades de ciclismo en la ciudad de Quevedo.

Tiempo de duración: 1 día.

Característica: Servicios, actividades, tecnología y producto agro turístico en relación al cacao.

Tabla 4

Itinerario del paquete agro turístico “Producción tecnológica del cacao”

Hora	Actividades a realizar	Duración
08:00	Desayuno hostel aroma de cacao.	45 minutos
08:45	Salida desde la ciudad de Quevedo hasta el cantón Buena Fe.	45 minutos
09:30	Charla informativa a cargo de la fundación Maquita Cushunchic.	30 minutos
10:00	Recorrido instalaciones fundación Maquita Cushunchic y compra de souvenirs.	2 horas
12:00	Almuerzo fundación Maquita Cushunchic	1 hora
13:00	Ciclismo hasta una finca asesorada para la fundación Maquita Cushunchic	1 hora
14:00	Visita al balneario río Bajaña	3 horas
17:00	Retorno a la ciudad de Quevedo	30 minutos
17:30	Descanso	1 hora 30 minutos
19:00	Paseos guiados hasta: *malecón Eloy Alfaro del Cantón Quevedo *iglesia y parque central del cantón Quevedo	1 hora
20:00	Cena hostel aroma de cacao	1 hora
21:00	Fin de servicio.	

Fuente: Autor

Costo implementación Paquetes turísticos por dos días

Tabla 5
Costo por paquete turístico.

<i>Concepto</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Costo x 3 familias</i>
Costos fijos			\$ 400,00
Transporte	1	\$ 67,00	\$ 200,00
Servicio de guianza	1	\$ 67,00	\$ 200,00
Costos variables			\$ 127,50
Desayunos	2	\$ 2,50	\$ 37,50
Almuerzos	2	\$ 3,00	\$ 45,00
Cenas	2	\$ 3,00	\$ 45,00
Subtotal			\$ 527,50
Gastos administrativos y de ventas 15%			\$ 79,13
Utilidad 20%			\$ 700,03
Impuesto iva 14% nacionales			\$ 98,00
Impuesto iva 0% extranjeros			\$ 0,00
Costo por familia (nacionales)			\$ 798,03
Costo por familia (extranjeros no residentes en Ecuador)			\$ 700,03
Precio de venta por persona (nacionales)			\$ 53,00
Precio de venta por persona (extranjeros no residentes en Ecuador)			\$ 47,00

Fuente: Autor

Observaciones

El número medio de personas por familia en el Ecuador es de tres personas, datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Las personas extranjeras no residentes en el Ecuador a quienes se les haya vendido un paquete turístico no son objeto de grabar IVA, por lo tal el impuesto es 0%. Según datos obtenidos del Servicio de Rentas Internas (SRI).

Mediante el estudio de mercado se estableció que una importante población prefiere viajar solo, se ha determinado el precio que pagará por el paquete vendido.

Ingresos anuales por venta de paquetes turísticos

Tabla 6
Ingresos anuales por venta de paquetes turísticos

Detalle	Precio por persona (nacionales)	Precio por persona (extranjeros)	Precio por cada 3 familias (nacionales)	Precio por cada 3 familias (extranjeros)	Número de venta anual
Paquetes turísticos	\$ 53,00	\$ 47,00	\$ 798,03	\$ 700,03	9
Ingresos anuales	\$ 477,00	\$ 423,00	\$ 7.182,27	\$ 6.300,27	

Fuente: Autor

Observación

Se consideró la venta anual en época festiva en base al estudio de mercado, indicó que las personas prefieren visitar en vacaciones a estos tres cantones de la provincia (Buena Fe, Quevedo y Valencia).

Rentabilidad por venta de paquetes turísticos

Tabla 7
Estimado de rentabilidad anual

Detalles	Personas (nacionales)	Personas (extranjeras)	Cada 3 familias (nacionales)	Cada 3 familias (extranjeras)
Ingresos anuales	\$ 477,00	\$ 423,00	\$ 7.182,27	\$ 6.300,27
Costos anuales	316,53	316,53	4747,5	4747,5
Utilidad neta	\$ 160,47	\$ 106,47	\$ 2.434,77	\$ 1.552,77
Rentabilidad	34%	25%	34%	25%

Fuente: Autor

Observaciones

La utilidad neta corresponde a la siguiente fórmula (ingresos anuales-costos totales=utilidad neta).
El cálculo de la Rentabilidad se basó en la fórmula (utilidad neta/ingresos anuales*100=Rentabilidad).

Punto de equilibrio por venta de paquetes turísticos

Tabla 8
Estimado punto de equilibrio

Detalle	Personas (nacionales)	Personas (extranjeras)	Cada 3 familias (nacionales)	Cada 3 familias (extranjeras)
Costo Fijo	134,00	134,00	400,00	400,00
Costo Variable	8,5	8,5	127,5	127,5
Ventas	\$ 477,00	\$ 423,00	\$ 7.182,27	\$ 6.300,27
Punto de Equilibrio	\$ 136,43	\$ 136,75	\$ 407,23	\$ 408,26

Fuente: Autor

Observaciones

Para el cálculo del punto de equilibrio se necesitan datos de costos fijos, costos variables y las ventas anuales.
La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$P.E. = \frac{\text{Costo Fijo}}{1 - \frac{\text{Costo Variable}}{\text{Ventas}}}$$

Conocer el punto de equilibrio es básico para saber el nivel de ventas necesarias que permita cubrir todos los gastos y comenzar a obtener ganancias. En este punto no se gana, ni se pierde dinero, sólo se ha recuperado los gastos de operación y elaboración del producto agro turístico.

Estrategias de promoción y difusión del producto agro turístico

Marca del producto

Nombre

La determinación del nombre para comercializar el producto agro turístico en el mercado tuvo la combinación de los tres cantones: Buena Fe, Quevedo y Valencia, dando como resultado “FEQUEVA”.

Logotipo

La marca diseñada se trabajó en base a los elementos que componen los recorridos agro turísticos, dando como resultado lo siguiente:



Figura 1

Logotipo del producto

Fuente: Autor

Según la psicología de los colores, estos significan:

Verde: relacionado con la naturaleza, armonía, exuberancia, fertilidad, frescura.

Azul: está fuertemente ligado a la calma, tranquilidad, cielo eterno.

- Estos dos colores en la imagen representan la productividad agrícola en los tres cantones de la provincia de Los Ríos.
- La hoja del cacao que en su inicio tiene una tasa con chocolate artesanal caliente.
- El grupo de persona que demandan este producto agro turístico.

Eslogan

Una vez determinado el logotipo identificativo para el producto agro turístico se definió el eslogan, siendo “*Tres cantones, Una Pasión*” haciendo alusión a la unión de Buena Fe, Quevedo y Valencia en recorridos a través de paquetes turístico.

Estrategias de promoción y difusión.

Diseño del plan de difusión

Tabla 9
Estrategias de promoción y difusión del producto agro turístico

Tipo Publicidad	Detalle	Objetivo	Política	Target	Presupuesto Anual (USD)	Observación
1. Radio	-Maravilla. -Audiorama. - Emperador.	Difundir el producto agro turístico que involucra a los cantones Buena Fe, Quevedo y Valencia.	Presencia radial eventual, 5 cuñas diarias de lunes a viernes de 30 minutos, por un mes.	Población de los cantones Buena Fe, Quevedo y Valencia.	\$1.536,00	Posicionar en la mente del consumidor turístico el producto ofertado.
2.Prensa Escrita	-Diario La Hora	Anunciar la imagen agro turística de los cantones Buena Fe, Quevedo y Valencia.	Contratar espacios publicitarios en la prensa con la finalidad de difundir el producto a nivel local y nacional.	Población local, provincial y nacional.	\$420,00	Difusión a nivel local, provincial y nacional el producto agro turístico creado para los cantones Buena Fe, Quevedo y Valencia.
3.Pieza Gráfica	-Valla publicitaria.	Dar a conocer en gran magnitud el producto agro turístico.	Contratar espacio de una pieza gráfica a la entrada del cantón Quevedo con tamaño 3x8mt.	Dirigida a la población local, provincial, nacional y extranjera.	\$1.500,00	Dar a conocer el producto agro turístico y que este se quede en la mente de todos quienes observen la valla.
4. Internet	- Redes sociales.	Captar turistas que buscan destinos turísticos diferentes a través de la web.	-Crear una página web. -Diseñar un perfil en Facebook. -Aprovechar a los amigos, familiares y conocidos en WhatsApp.	Turistas que aprecian la naturaleza y buscan destinos en la web.	\$600,00	Contratación profesional en informática para crear la página web y su mantenimiento cada seis meses.
5. Mini cartel costado de bus.	- Publicidad autobús.	Despertar el interés visual de los visitantes que se encuentren en los cantones Buena Fe, Quevedo y Valencia.	- Elaborar cartel que sea llamativo y se encuentre en un costado de los buses en los cantones (1 bus publicitario por cantón).	Llegar directamente a consumidores y potenciales consumidores del producto agro turístico.	\$540,00	Contratación de tres buses con mayor recorrido en cada uno de los cantones con el fin de atraer la clientela agro turística
Total					\$3.972,00	

Fuente: Levantamiento de información mediante trabajo de campo

Elaborado por: Autor

Discusión

Una vez realizado el estudio de mercado a las poblaciones cantonales Buena Fé, Quevedo y Valencia, se determinó que las actividades preferidas son: producción agrícola, gastronomía, actividades de naturaleza, ciclismo. Estas actividades son similares a las preferidas por la población objetivo del autor Vela (22) ya que en su proyecto de investigación involucra seis actividades, coincidiendo con el presente proyecto en tres de ellas. Igualmente, la autora Villalva (22) hace hincapié al involucrar la naturaleza como punto principal que detalla su investigación, sitios propicios para desarrollar experiencias únicas alejadas de la cotidianidad.

Los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia poseen una gran variedad agrícola con alto potencial turístico, combinando estos dos elementos se crean productos agro turísticos únicos, irremplazables que perdurarán en el tiempo, aportando a las comunidades factores como relajación, contacto directo con la naturaleza, vinculación

familiar, disfrute natural de productos agrícolas involucrándose directamente en dichas actividades que realizan tradicionalmente los agricultores, todo esto, como resultado de las encuestas aplicadas permitiendo identificar las preferencias y necesidades del consumidor. Esta información concuerda con el autor Robles (23) quién también analizó la demanda, oferta, competencia, en base a las fuentes de información básicas, analizando dicha información con relevante importancia que ayuden a resolver las inquietudes planteadas en esta investigación.

Las estrategias promoción y difusión del producto agro turístico se basó en herramientas o medios publicitar de gran alcance poblacional, es así como también lo planteó la autora Victorero (24) en su proyecto de investigación utilizó la prensa escrita, radio, internet y otros medios más, de los cuales los mencionados fueron también formulados por este proyecto coincidiendo formalmente ambos proyectos. El autor Vela de igual forma planteó estos medios describiendo el público al que va dirigido o "target", breve explicación motivacional, cuál es la finalidad para su planteamiento y ejecución.

Conclusiones

En el presente reporte científico se explicitan los principales resultados obtenidos en el estudio de mercado que permitió identificar el público objetivo con preferencias por actividades y servicios que requerirían demandar una vez elaborado el producto turístico, detalló el tiempo estimado de uno a tres días considerando pagos importantes en rango \$46,00 - \$61,00 creando una idea como facilidad para adquirir este producto con servicios y actividades incluidas involucrando a la familia, lo que hace más rentable promover su desarrollo, también, se consideró realizarlo en temporada vacacional aprovechando su hospedaje dirigido a los hostales, por tal motivo se eligió al Hostal Aroma de Cacao.

La elaboración del producto turístico es el resultado sistemático alcanzado en su totalidad por el estudio de mercado planteado y desarrollado inicialmente, lo que conjugó en definir qué hacer, cómo hacerlo, a quién dirigirlo, a qué costo y el tiempo destinado para lograrlo, por lo cual se realizó un paquete turístico con dos días para su desarrollo, se creó un flujograma de proceso, su objetivo es ayudar al guía a desenvolverse más rápido en el tiempo, espacio estipulado, además de un estudio general diagnosticando factores internos, externos cantonales generando interrogantes interesantes, aprovechando las potencialidades agrícolas, creando productos para cubrir deseos, necesidades turísticas generalmente desapercibidas.

En las estrategias de promoción y difusión se plantearon los tipos de publicidades como son: radio, prensa escrita, pieza gráfica, redes sociales, mini cartel publicitario al costado de buses como medios para dar a conocer el producto turístico diseñado con todas sus características, creando fidelidad a través de la marca como: logotipo, slogan describiendo elementos identificativos cantonales que motivaron la creación de este proyecto investigativo.

Finalmente se puede sostener que el producto turístico tiene gran aceptabilidad en el mercado y su demanda sería potencialmente alta.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Ambientales, carrera de Ingeniería en Ecoturismo, Gobiernos Autónomos Descentralizados de los cantones Buena Fé, Quevedo y Valencia, pertenecientes a la provincia de Los Ríos.

Referencias

- Araújo N, Carril V. (2012) El Agroturismo como alternativa de ocio. Análisis del perfil de agro turista en el PARC AGRARI del BAIX LLOBREGAT (Cataluña). *TuryDes Vol 5, N° 12*. pp 16-18.
- Barroso M, Flores (2011) La competitividad internacional de los destinos turísticos: del enfoque macroeconómico al enfoque estratégico. *Cuadernos de Turismo, n°17*, pp. 5-7.
- Blanco M, Riveros H. (2010) *El agroturismo como diversificación de la actividad agropecuaria y agroindustrial*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), pp. 6-12.
- Blanco M, Riveros S. (2011) *Análisis del agroturismo como oportunidad de desarrollo local*. TuryDes, pp. 2-12.
- Blanco M, Riveros S. (2016) *El agroturismo como diversificación de la actividad agropecuaria y agroindustrial*. Recuperado de: [//books.google.es/books](http://books.google.es/books).
- Campón AM, (2013). *Agroturismo en Extremadura: una oportunidad para la diversificación económica de las áreas rurales*. Redalyc. pp. 2-3.
- Carrió J. (2013) *Cómo crear y difundir contenidos varios para las estrategias de ventas*. Recuperado de: <http://blogjocaja.com/articulos/como-crear-y-difundir-contenido-para-tu-estrategia-de-ventas-b2b-i/>.
- David. J. (2011) Provincia de Los Ríos. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/jonathandavid05/los-rios-9863843>.
- De Internacional, Producto turístico (2013) Recuperado de http://www.ahk-turismo.org/es/index.php?option=com_content&task=view&id=57&Itemid=70. 2013.
- Gomes CL, Ramos, AM, Serejo, H F. (2010) Conhecimentos sobre o lazer nos cursos de graduação em turismo de Minas Gerais. *Turismo em Análise*. 21(2): pp.357-380.
- Hidalgo M, Sánchez L. (2010) Diseño de una ruta de turismo de aventura en los cantones de Ibarra, Otavalo y Cotacachi. (*Tesis de pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede-Ibarra. Ibarra. Ecuador, pp.20-23.
- Mas L. (2013) Diseño de un producto de agroturismo para La Solana en Bélgida (Valencia, España). (*Trabajo Final de Grado*). Universidad Politécnica de Valencia. Gandia. España, pp.31-40.
- Millán M. (2010) Planificación: Transporte, Turismo y Territorio. *Gran Tour: Revista de Investigaciones Turísticas n° 1*. pp. 97-119.
- Morales L. (2015) Agroturismo y competitividad, como oferta diferenciadora: El caso de la Ruta Agrícola de San Quintín, Baja California. Redalyc. *Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XIX, núm. 37, julio-diciembre*. pp. 185-196.

- Pérez Y, (2012). Procedimiento para realizar estudios de mercados emisores reales y potenciales para el producto turístico de las Tunas. *Tunas*. pp. 2-28.
- Robles R. (2014) *El estudio de mercado*. Costa Rica. pp. 1-15.
- Sanhueza C. (2011) *Producto turístico*. Recuperado de: <http://geoturismo011.blogspot.com/2011/12/concepto-de-producto-turistico.html>.
- Tedeschini F. (2011) *Il quadro normativo dell'agriturismo: bilancio e prospettive*, cit., p. 622.
- Tobar G. (2010) *Medio de comunicación*. Recuperado de: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../3/20101sfiec0646047_2.pdf.
- Vela D. (2012) Diseño de un producto turístico para la conservación y uso del patrimonio cultural del Centro de Turismo Comunitario San Virgilio, cantón Arajuno, provincia de Pastaza. (*Trabajo Final de Grado*). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador*. 107-215.
- Victorero K. (2015) Elaboración de un producto agroturístico en la comunidad Murocomba, cantón Valencia, provincia de Los Ríos (*Trabajo Final de Grado*). *Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador*. pp. 85-93.
- Villalva D. (2011) Diseño de productos turísticos sostenibles para el cantón Cumandá provincia de Chimborazo. (*Trabajo Final de Grado*). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador*. pp. 218-227.
- World Tourism Organization (2015) *Entender el turismo: Glosario Básico* [Internet]. México: UNWTO. Recuperado de: <http://media.unwto.org/es/content/entender-el-turismo-glosario-basico> pág. 1.
- Zorrilla MV. (2013) Agroturismo. *Conexión entre el turismo y las actividades agropecuarias*. Redalyc. pp 3-5.

Rutas turísticas una forma de poner en valor el territorio: Caso Isla Isabela, provincia de Galápagos

Nancy Patricia Tierra Tierra

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
nancy.tierra@esPOCH.edu.ec

Gabriela Margarita Altamirano Méndez

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
gaby_21nov@hotmail.es

Carlos Aníbal Cajas Bermeo

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
carlos.cajas@esPOCH.edu.ec

Marcela Patricia González Robalino

Universidad Nacional de Chimborazo
marcelagonzalez@unach.edu.ec

Resumen

Las restricciones que por principios de conservación se adoptan en Galápagos para la apertura de nuevos sitios de visita, ha provocado saturación en atractivos focales y una escasa valoración del territorio en islas habitadas poco visitadas. Isabela a pesar de su potencialidad, registra estancias cortas que no generan beneficios suficientes para los propietarios de los establecimientos turísticos ni para la población, pues su oferta se limita por temas de operación, a recorrer frecuentemente el volcán Sierra Negra y los túneles. En este contexto, la investigación demuestra que la isla cuenta con atributos para integrar un sistema de rutas turísticas que articule atractivos poco conocidos para poner en valor el territorio desde varias dimensiones. El estudio evidencia que: Isabela cuenta con recursos de biodiversidad significativos con atractivos capaces de atraer demandas de larga distancia por su alta jerarquía. Existe planta turística y demanda insatisfecha interesada en conocer o repetir su visita a la isla. Las rutas integran atractivos distintos a los de la oferta actual, sin embargo, se requiere la gestión para su apertura como nuevos sitios de visita. La puesta en valor del territorio parte de reconocer el potencial existente y la capacidad de generar ofertas con valor diferencial.

Palabras claves: Ruta turística, atractivo, valor territorial, potencial turístico.

Abstract

The restrictions that the conservation principles are adopted in Galapagos Islands for the opening of new places to visit, has caused the saturation in focal attractions and a limited valuation of the territory in little visited inhabited islands. Isabela, despite their potential, it records the short stays that do not generate enough benefits for the owners of tourist establishments and neither for the population, since the offer is limited by the operational issues, they frequently resort to the Sierra Negra volcano and the tunnels. In this context, this research shows that the island has a set of elements for a touristic route system that articulates little known attractions to value the territory in several dimensions. The study shows that: Isabela has significant biodiversity resources with attractions capable of attracting long distance demands due to its high hierarchy. There is the tourist plant and unsatisfied demand interested in knowing or repeating their visit to the island. The routes integrate different attractions to the real offer, however, management is required for its opening as new visitor

sites. The value of the territory starts from recognizing the existing potential and the ability to generate offers with differential value.

Keywords: Tourist route, attractive, hierarchy, potential tourism, territory.

Introducción

“Una ruta turística es una herramienta de planificación y desarrollo que nos permite alinear atractivos turísticos, productos/actividades y servicios bajo una temática claramente establecida, en torno al recorrido de un punto A hasta un punto B, que cuenta con una zona de influencia determinada.” (Ministerio de Turismo, 2010, pág. 63).

Un territorio correctamente preparado para el turismo, ofrece una amplia variedad de actividades, paseos y rutas, lo que hace que el visitante desee quedarse más tiempo o le anima a regresar; es decir prolonga la estadía y despierta fidelidad con el destino. (Fierro, Tierra & Piray. 2009, pág. 33).

El diseño e implementación de rutas turísticas se constituye en la mejor forma de poner en valor un territorio o un espacio. Un paseo sin rumbo o al azar no ofrece al visitante la misma información ni satisfacción que una visita dirigida a los principales puntos naturales, culturales, etnográficos, etc., por tanto, el acondicionamiento de estas rutas, itinerarios y paseos hacen que el visitante encuentre la posibilidad de organizar su tiempo, distribuir sus visitas, eligiendo directamente aquello que le interese conocer.

Una ruta debe tener un contenido temático, que una sus puntos y de coherencia y de atraktividad al recorrido. Los temas pueden ser variados y en función de estos se debe realizar la información referente. Se evidencia que la ruta es algo más que los atractivos que se visitan ya que se convierte en un producto dinámico y vivo que incrementa la satisfacción del turista ofreciendo la posibilidad de dar a conocer ya sea un determinado tema o diferentes atractivos que aisladamente carecerían de interés o jerarquía suficiente como para atraer una demanda; pero igual al integrar una ruta específica forman parte de un producto turístico unitario.

El presente estudio procura vincular en un proceso secuencial de pasos el diseño de un sistema de rutas turísticas como aporte a la puesta en la valor del territorio de la isla Isabela, provincia de Galápagos, para lo cual se parte de la planificación turística del espacio en lo que concierne a la evaluación del potencial turístico del territorio considerando tanto oferta como demanda; tras ello se ha acometido en el valor de uso del territorio desde una articulación vial que comprenden la visualización de los sistemas de vialidad y conectividad existentes y la capacidad que éstos tienen para integrar una oferta con atractivos y actividades diferenciadas de la oferta actual. Establecido el sistema de circulación a través del diseño técnico de las rutas como producto turístico en el destino se analiza la estructura de gestión y/o administración local para determinar estrategias que apunten no solo a valorar el territorio, sino que además facilitan la venta del producto.

Metodología

Por el contexto de la investigación se utilizan los métodos: exploratorio, para obtener una visión generalizada de tipo aproximado respecto a la realidad del uso sostenible del patrimonio turístico de un territorio; el método descriptivo, con la finalidad de evaluar el potencial turístico de la zona y determinar los atractivos con posibilidad de ser declarados sitios de visita para ser incorporados en el sistema de rutas, finalmente el método sistémico permitió identificar las situaciones problemáticas para establecer alternativas de solución acordes a la realidad encontrada.

La evaluación del potencial se soporta en la visión sistémica propuesta por la OMT (1998), se parte de la elaboración del inventario de atractivos turísticos a través de la propuesta metodológica del Ministerio de Turismo (2004); en el componente infraestructura, se realizó un análisis de la cobertura de servicios básicos, condiciones de vialidad, conectividad, seguridad y saneamiento; en planta turística a partir de la revisión del catastro turístico del Ministerio de Turismo se determinó la oferta de establecimientos de alojamiento, alimentos y bebidas, operación y agenciamiento; respecta a superestructura, se identificaron las instituciones que están inmersas en el fortalecimiento de la actividad turística en la zona caracterizando sus particularidades, el análisis se complementó con información relacionada con el marco legal establecido a nivel local para la prestación de servicios y/o regulación de las actividades turísticas.

En el caso de la demanda se trabaja con un diseño muestral de tipo aleatorio al azar, segmentando el mercado en turistas nacionales y extranjeros, con la finalidad de tener un marco amplio de los gustos y preferencias de la demanda la investigación establece la determinación del perfil del turista que visita Galápagos en general e Isabela en particular. Se estableció como universo de estudio para el primer caso, el número total de turistas que arribó a las islas Galápagos en el año 2015, según datos de la Dirección del Parque Nacional Galápagos se registraron 224.755 turistas, de los cuales 154.303 (69%) corresponden a turistas extranjeros y 70.451 (31%) a nacionales. En el segundo caso se trabajó con el dato de ingresos al cantón Isabela, que de acuerdo al registro de la Dirección de Turismo del GAD Municipal de Isabela (demanda actual) al mismo año fue de 60.480 turistas, de los cuales 47.174 (75%) son turistas extranjeros y 13.306 (25%) nacionales. Para evitar problemas de repitencia de datos éstos fueron discriminados considerando: turistas que visitaron Galápagos y no incluyeron en su viaje la Isla Isabela (demanda potencial) y residentes. En el cálculo de la muestra se utiliza la fórmula de muestras finitas con un 95% de nivel de confianza.

En el levantamiento de información se emplea la técnica de la encuesta y como instrumento el cuestionario, de acuerdo a la distribución de la muestra se aplicaron en el primer caso 384 encuestas a turistas extranjeros y 384 a nacionales, mientras que en el segundo caso 381 encuestas a turistas extranjeros y 373 a nacionales. Los sitios de aplicación de la encuesta fueron el aeropuerto de Baltra para conocer la demanda potencial y el puerto marítimo del cantón Isabela para establecer el perfil de la demanda actual.

El diseño técnico del sistema de rutas considera la siguiente estructura: mapa de trazado de la ruta, objetivo de la ruta, concepto de la ruta, planta turística disponible, infraestructura social básica disponible, actividades turísticas principales y complementarias, requerimientos de la ruta, estructura de operación, empaquetamiento.

Finalmente se establecen estrategias para la puesta en valor del territorio a través del producto en el marco de las competencias y atribuciones de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales.

Resultados

1. Evaluación del potencial turístico: el Sistema Turístico como plataforma para el diseño del sistema de rutas

La evaluación del potencial turístico de una zona, permitirá determinar el territorio correspondiente en el que se llevará a cabo un proyecto de desarrollo turístico, una evaluación precisa es la base para la adopción de decisiones poco riesgosas. La evaluación del potencial debe entonces, asentarse sobre una base estructural que permita una mirada integral del territorio, pues la industria turística no puede ser vista como un sistema que opera de manera autónoma e independiente. Adoptando el análisis y reflexiones de (Noboa & Tierra, 2014), el

sistema turístico está constituido por un conjunto de elementos interdependientes que permiten su funcionamiento y que se encuentra en estrecha relación con la vida de la población, ya sea su involucramiento como turistas o como anfitriones. El turismo se estructura en cuatro elementos sustanciales: los atractivos y las consiguientes actividades que éstos posibilitan, la infraestructura social básica, la planta turística y, la superestructura. Estos elementos configuran la oferta turística y se sintetizan en los productos turísticos que se ofrecen a los visitantes. El diseño de estos productos dependerá también de la dinámica de la demanda, constituida por el número de personas que viajan o desean viajar, y son éstas y sus usos de los servicios e instalaciones creadas para la recreación, los que hacen de combustible para el motor del propio sistema.

La actividad turística tiene su base de operación y crecimiento en la existencia de “recursos” naturales (el paisaje y la biodiversidad) y culturales (las culturas vivas y los vestigios arqueológicos), que a su vez son considerados como “atracciones y actividades” relacionadas con el entorno natural, con el patrimonio cultural, con actividades productivas, con los estilos de vida y el paisaje, entre otras. (OMT, 2009, pág.35-39). Estos atractivos son el motivo y la razón de los desplazamientos de los turistas hacia un lugar determinado, para realizar actividades propias de las características del destino, convirtiéndose en la “materia prima” del turismo.

Sin embargo, para el desarrollo de la actividad turística no basta con tener las “atracciones”, la calidad de los servicios turísticos depende necesariamente de la disponibilidad y calidad de la “infraestructura social”: agua potable, saneamiento ambiental, energía eléctrica, comunicaciones, vialidad, seguridad ciudadana. La responsabilidad de la dotación de dichos servicios básicos recae en manos de los gobiernos locales y del gobierno nacional: Municipios, Gobiernos Provinciales, Ministerios.

Sobre la base de contar con los atractivos y la infraestructura social básica, podemos entonces proyectarnos al tercer elemento del sistema: “la planta turística”, conocida también como la estructura productiva del turismo o las facilidades turísticas, ya que por medio de sus servicios se hace posible el desplazamiento, permanencia y aprovechamiento. Está constituida por el equipamiento, esto es: alojamiento, alimentación, recreación, transporte, guianza, etc.; a esto se suma las instalaciones, entendidas como el conjunto de facilidades provistas con el propósito de que, con ellas, los turistas puedan disfrutar la práctica de singulares actividades, entre ellas encontramos de agua y playa, de montaña, de selva y generales. En los tres primeros casos las instalaciones obedecen a las características propias de los espacios o ecosistemas, en el caso de las generales son de uso común de los centros de turismo recreacional.

El último elemento de la oferta del sistema turístico denominado “superestructura”, está conformado por el conjunto de organismos que de manera directa e indirecta están involucrados en la organización y funcionamiento del turismo. Tienen como función propiciar por todos los medios a su alcance, el óptimo funcionamiento de los tres primeros elementos que en su conjunto forman el producto turístico de una localidad.

Entendido el turismo en el que interactúan cinco ejes: región de origen, ruta de tránsito, región receptora, estructura productiva y el turista, es evidente que la puesta en valor del producto que cada destino comercializa, implica la coordinación de muchas acciones conducentes a garantizar su calidad y expectativa de los consumidores. De allí que el Estado nacional y las diferentes instancias de los gobiernos locales, así como la ciudadanía en general, participan activamente y de modo coordinado para el buen funcionamiento desarrollo de la actividad turística, ya sea en dotación de los servicios básicos, sistemas de seguridad y alerta temprana, gestión de áreas protegidas, etc.

A esta panorámica debemos sumar la demanda creciente de nuevas modalidades de turismo que se asocian con: el conocimiento y conservación del patrimonio natural, sobre todo en áreas de alta biodiversidad como es el caso de la región amazónica de nuestro país; la oportunidad de compartir experiencias de vida con diferentes pueblos del mundo en el afán de conocer “otras” culturas y aprender de ellas. Todas estas oportunidades, necesidades y demanda de los nuevos segmentos del mercado turístico se conjugan en el potencial de desarrollo turístico que tiene la región.

Atractivos y actividades

El inventario de atractivos turísticos indica que la isla Isabela cuenta con 37 atractivos turísticos de los cuales el 84% corresponde a la categoría de sitios naturales y 16% manifestaciones culturales. En función de su tipología se evidencia una mayor concentración de atractivos vinculados con costas o litorales en un 30% y 16% en ambientes lacustres. Mientras que los del tipo histórico registran el 13%.

En relación al estado de conservación de los atractivos a enero del 2017, el 68% se encuentran conservados, esto se debe al constante control que existe por parte del Parque Nacional Galápagos en todos los sitios de visita tanto terrestres como marinos; sin embargo, el 24% de los sitios de visita se encuentran en estado poco alterado, en algunos casos por la presencia de animales introducidos como gatos, cerdos, ratas y el 8% se halla alterado. En la mayoría de los sitios de visita hace falta mantenimiento a las facilidades turísticas (señalética, bancas, casetas, pasarelas).

En cuanto a la jerarquía, el 38% son de jerarquía III, el 30% de jerarquía IV, el 27% de jerarquía II y un 5% pertenecen de jerarquía I. Cabe recalcar que todos los atractivos turísticos están ubicados en el Parque Nacional y la Reserva Marina Galápagos.

En los atractivos se pueden realizar una serie de actividades como: snorkeling, buceo, surf, natación, senderismo, ciclismo, avistamiento de aves, pesca vivencial, pesca artesanal, fotografía, kayak, panga ride, interpretación ambiental, camping y cabalgata.

Infraestructura turística

La zona urbana del cantón Isabela está abastecida de agua potable óptima para el consumo humano, además cuenta con yacimientos acuíferos que se recargan a través de grietas que contienen agua dulce que después de un largo proceso es potabilizada para su distribución. La zona rural no cuenta con agua potable, en las viviendas se capta agua lluvia que después de tratamientos caseros sirve para el consumo humano. El sector agro-pecuario depende de la distribución de agua por tanqueros de instituciones como el GAD Municipal de Isabela, Consejo de Gobierno del Régimen Especial para Galápagos (CGREG) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP).

ELECGALAPAGOS S.A es la empresa que se encarga del servicio de energía eléctrica, la generación de energía proviene del uso del diésel transportado en barcos desde la ciudad Guayaquil y almacenado en los predios de la generadora. El consumo promedio es de 6000 Kwh/día, Isabela es la isla que menos energía eléctrica consume después de Floreana. En la isla la mayoría de los establecimientos de hospedaje están utilizando energía solar a través de paneles solares.

En Puerto Villamil existe un sistema de recolección de basura donde prima la separación de desechos sólidos desde los hogares. El material reciclado, es enviado al continente en un barco que llega a la isla cada 8 o 10 días,

los desechos sólidos que no son reciclados van al botadero municipal a cielo abierto (sector “El Mango”) situado a 12 km de Puerto Villamil.

La red vial de la isla tiene una extensión de 66 km aproximadamente, integrada por carreteras y caminos con características diversas en cuanto a su calidad y estado. En la zona urbana la red vial es de 18 km constituida por una capa de rodadura en material suelto (arena), las carreteras y caminos vecinales son lastrados.

En la isla existen servicios de movilidad terrestre, aérea y marítima. Por vía terrestre, se puede disponer de vehículos públicos y privados que realizan recorridos diarios en diferentes horarios, es común ver camionetas, furgonetas (3) y chivas (6) prestando servicios de transporte turístico, ninguna de estas cooperativas está reguladas por la Agencia Nacional de Tránsito y Ministerio de Turismo (Mintur) para el trabajo en turismo. Por vía aérea, Isabela cuenta con un aeropuerto que dispone de 2 avionetas de 8 y 3 pasajeros respectivamente para realizar traslados durante la semana. A nivel marítimo, el muelle del embarcadero recepta y distribuye lanchas de cabotaje de la Cooperativa Transmartisa que cuenta con 13 unidades que dependiendo de la demanda salen diariamente en distintas rutas y horarios.

Planta turística

La cadena de valor del turismo se ha fortalecido en los últimos años en el cantón Isabela, encontrándose establecimientos de hospedaje, alimentos y bebidas y operadoras de turismo.

En el cantón existen 28 establecimientos de hospedaje registrados en el Ministerio de Turismo. De acuerdo a su tipología, el 4% corresponde al tipo cabaña de segunda categoría, el 32% son hostales, de los cuales 4 están dentro de la primera categoría y 5 dentro de la segunda categoría, el 61% son pensiones (60,71%) tanto de primera (3) como de segunda (6) y tercera categoría (8), apenas 1 establecimiento está registrado como hostería de segunda categoría. En total existe una oferta de 618 plazas distribuidas en 277 habitaciones. Estos establecimientos a excepción de las pensiones Casa los Delfines, Cerro Azul, Galápagos y Posada del Caminante cuentan con el servicio de restaurante, en la actualidad 44 establecimientos de alojamiento se están sometiendo al proceso de regulación. En los 28 establecimientos legalmente constituidos laboran 119 personas.

En el cantón existen 21 establecimientos de alimentos y bebidas registrados en el Mintur. De acuerdo a su tipología la mayor proporción corresponde a restaurantes 16 de los cuales están ubicados en la parte urbana y 2 en el medio rural, 3 pertenecen a primera categoría, 9 a segunda y 4 a tercera categoría; 2 establecimientos son cafeterías de segunda y tercera categoría respectivamente, existe además 1 fuente de soda de segunda categoría. En total se registra una oferta de 961 plazas distribuidas en 226 mesas. En los 21 establecimientos laboran 72 personas.

De acuerdo al registro del Mintur existen 7 establecimientos de recreación que de acuerdo a su tipología 7 son bares de los cuales 1 pertenece a la segunda categoría y 6 a tercera categoría, la capacidad instalada de éstos establecimientos es de 228 pax distribuidos en 56 mesas. En este sector se encuentran laborando 16 personas.

En cuanto a operación y agenciamiento existen 19 operadoras de turismo registradas en el MINTUR. Las 19 operadoras ofertan distintos programas para conocer la isla Isabela, los paquetes turísticos más vendidos corresponden a la visita al Volcán Sierra Negra y los Túneles. En este sector laboran 51 personas que tienen funciones específicas durante el tour y en la administración de los negocios.

Superestructura turística

Varias instituciones públicas y privadas se encargan de la regulación y control de las actividades turísticas en la isla, el sector público está representado por: el Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG), Ministerio de Turismo, Ministerio del Ambiente, Gobierno Autónomo Descentralizada Municipal de Isabela, Parque Nacional Galápagos, Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) y Junta Nacional de Defensa del Artesano. El sistema de gobernanza local ha expedido normas, reglamentos y resoluciones concordantes con los planes de manejo del Parque Nacional y la Reserva Marina de Galápagos.

A nivel privado los residentes permanentes han constituido asociaciones de: artesanos, hoteleros, restaurantes, comerciantes, guías naturalistas, cooperativas de transporte, financieras y de pesca. Estas organizaciones cuentan con una estructura propia que generan una serie de beneficios para sus agremiados en medida de establecer alianzas estratégicas.

Demanda

El análisis de la demanda se orienta a dos segmentos de mercado: turistas nacionales y turistas extranjeros. Para este estudio se levantó información respecto a la demanda que visita Galápagos teniendo como punto de arribo el aeropuerto de Baltra, pues se considera que esta demanda de una u otra forma podría interesarse en visitar Isabela (demanda potencial). Complementariamente se muestra el perfil de los turistas que visitan Isabela (demanda actual).

Perfil de la demanda potencial de turistas nacionales y extranjeros interesados en conocer la isla Isabela

Los turistas tienen un rango de edad de 61– 65 años, teniendo en cuenta que la edad varía con la actividad y otros factores como el precio de los servicios, en su mayoría provienen de Estados Unidos (53%) y del Reino Unido (12%); poseen un título de postgrado (55%) y son jubilados (42%) que repiten su visita a Galápagos (12%) a través de un viaje organizado de cinco días (36%) que por lo general no incluye la visita a Isabela (85%) y si lo incluye existen pocas opciones de actividades pues solo se ofertan tours diarios de tres horas, viajan en grupo (5 pax) acompañados de amigos (47%) con quienes realizan actividades como: buceo, snorkel, ciclismo, senderismo, fotografía, además, consideran que su visita a Galápagos superó sus expectativas (83%), pues valoran los servicios de transporte, alimentación, hospedaje y guianza como buenos y muy buenos.

Los turistas muestran predisposición de retorno al destino Galápagos por el aeropuerto de la isla Isabela (99%) pues lo consideran como una nueva opción para conocer la isla, estando dispuestos a consumir los servicios que se oferten pues tienen una capacidad de gasto superior a 1500,00 USD (53%).

En el caso de turistas nacionales, la demanda potencial de turistas nacionales está en una edad que fluctúa entre los 55 y 60 años, teniendo en cuenta que la edad varía con la actividad y otros factores como el precio de los servicios, en su mayoría provienen de las ciudades de Quito (29%) y Guayaquil (23%), poseen título universitario (58%) y tienen negocios propios (39%), visitan Galápagos a través de un viaje programado (60%) de 5 días de duración (37%) que por lo general no incluye la isla Isabela, viajan con amigos (47%) en grupos de más de 5 pax (28%). Consideran que su visita a Galápagos superó sus expectativas (84%), evaluando los servicios de hospedaje, alimentación, guianza como muy buenos y el de las operadoras locales como buenos. Han visitado las islas más de una vez (16%), están dispuestos a retornar para conocer Isabela (63%) y consumir su oferta dado que su capacidad de gasto supera los 1500,00 USD.

Perfil de la demanda actual de turistas nacionales y extranjeros que visita la isla Isabela

El turista extranjero que visita la isla Isabela en su mayoría corresponde a la tercera edad, provienen de Estados Unidos (53%), con un nivel de educación superior (57%), organizan su viaje a través de una operadora de turismo (81%), su punto de partida para conocer Galápagos desde el Ecuador es Quito. Han visitado Isabela en otra oportunidad (4%) y los que no lo han hecho tienen predisposición de hacerlo (67%) por las particularidades de sus atractivos, el tiempo de permanencia en la isla es 3 horas (tour diario), lo cual se debe a la estructura del paquete adquirido.

Viajan en compañía de sus familiares (41%), en grupos de más de 5 personas (32%), tienen interés por realizar actividades como ciclismo, senderismo, fotografía, kayak, están dispuestos a extender su tiempo de permanencia en la isla hasta por 5 días, utilizando los servicios de un guía local (92%) así como los de hospedaje, alimentación, operación y agenciamiento. Consideran que su visita a Isabela superó sus expectativas (77%) evaluando los servicios recibidos como buenos y muy buenos, su capacidad de gasto por viaje bordea los 1500,00 USD (59%).

Los turistas nacionales tienen una edad que entre 55 – 60 años, en su mayoría provienen de la ciudad de Quito (48%), organizan su viaje con una agencia u operadora (83%), han visitado Isabela en ocasiones anteriores (4%) cautivados por sus atractivos, por su forma de viaje permanecen en la isla por 3 horas (36%), sin embargo, están interesados en extender su estancia a más de un día por lo cual requieren la oferta de otras actividades y servicios. Viajan con amigos (45%) en grupos de más de 5 pax (37%), les atrae la idea de contar con rutas turísticas para conocer otros atractivos de la isla (100%), sobre todo rutas marítimas (44%), sin dejar de lado las del tipo terrestre, tienen interés por consumir los servicios locales con vinculación de actividades como ciclismo, senderismo, buceo y kayak.

Evalúan los servicios consumidos como buenos y muy buenos, pues opinan que su visita a la isla superó sus expectativas (91%). Están dispuestos a gastar durante su viaje 1500,00 USD, como valor referencial.

Diseño técnico del sistema de rutas turísticas

Mapas del sistema de rutas y valor diferencial

El sistema está integrado por 5 rutas temáticas que se presentan a continuación:

Objetivo del sistema de rutas:

Impulsar la actividad turística del cantón, garantizando los derechos de la naturaleza y promoviendo un desarrollo sostenible

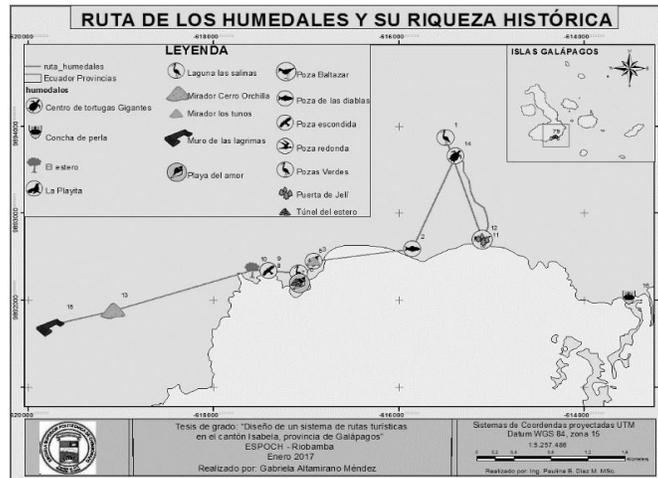


Gráfico 1

Mapa de la ruta de los humedales

Elaborado por: Altamirano, Gabriela. 2017

Valor diferencial: Se caracteriza por la presencia de varios sitios naturales como pozas, lagunas, esteros, playas, cuevas y una construcción de la colonia que existió en la isla. La ruta destaca los principios de conservación ambiental y la preservación de fuentes de agua.

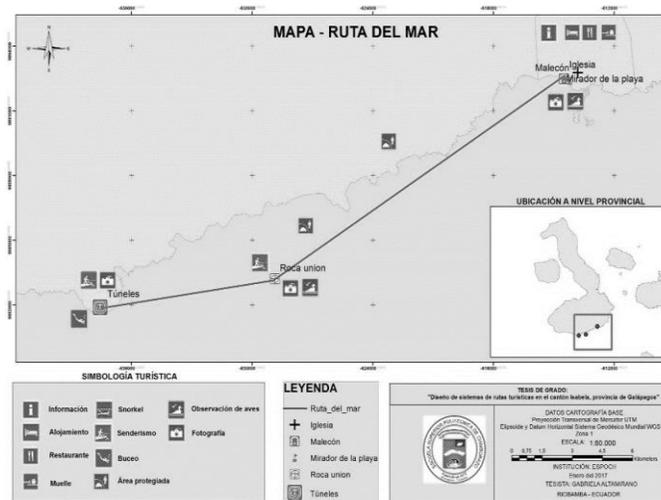


Gráfico 2

Mapa de la ruta del mar

Elaborado por: Altamirano, Gabriela. 2017

Valor diferencial: Destaca la fascinante flora y fauna cubierta por el mar, la presencia de arrecifes de coral, lobos marinos, ballenas, tiburones, rayas, peces espada, tiburones martillos, tortugas, iguanas, entre otros, conforman exuberantes ecosistemas llenos de una gran diversidad biológica

para mostrar al mundo.



Gráfico 3

Mapa de la ruta de las tintoreras

Elaborado por: Altamirano, Gabriela. 2017

Valor diferencial: La ruta integra la visita a tres islotes y una roca que sorprenden por la presencia de especies endémicas como consecuencia de la presencia de las corrientes marinas y el aislamiento geográfico de Galápagos, la belleza del paisaje provoca un escenario ideal para su aprovechamiento turístico.

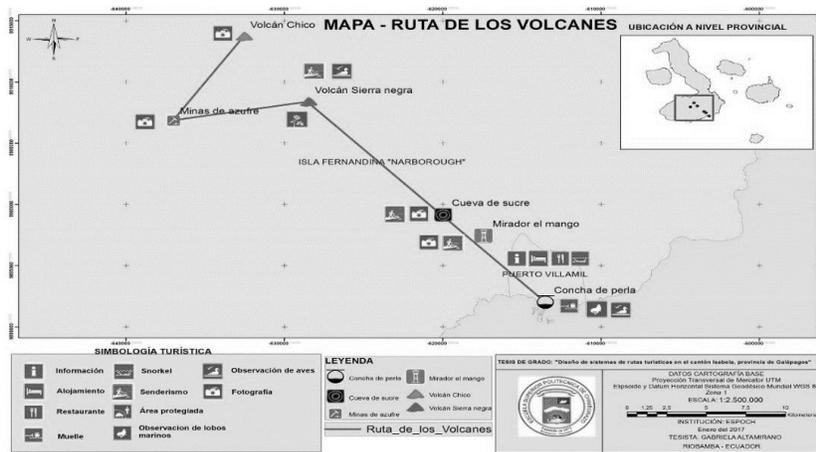


Gráfico 4

Mapa de la ruta de los volcanes

Elaborado por: Altamirano, Gabriela. 2017

Valor diferencial: Presenta espectaculares sitios de visita, caracterizados por diversos paisaje que van desde la cumbre del volcán Sierra Negra con su caldera de aproximadamente 10 km hasta las más apacibles playas, bahías y lagunas de aguas cristalinas con singulares plantas y animales que son una de las más reconocidas a nivel mundial.

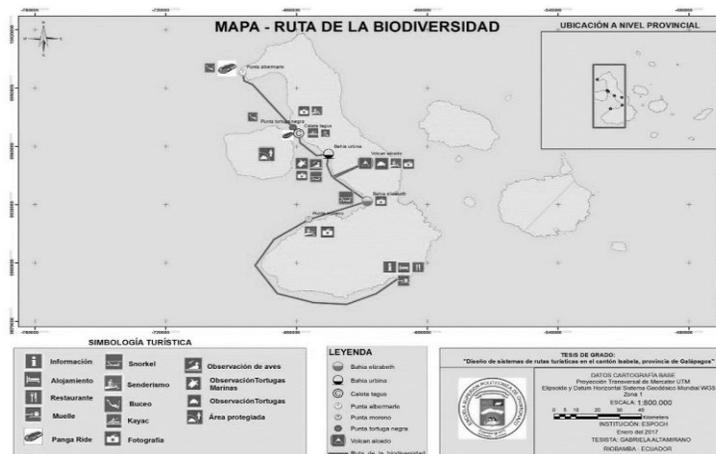


Gráfico 5

Mapa de la ruta de la biodiversidad
Elaborado por: Altamirano, Gabriela. 2017

Concepto de la ruta / valor diferencial: Ruta navegable que se caracteriza por la observación de pingüinos, cormorán no volador, iguanas marinas, piqueros, pelícanos, lobos marinos, así como abundantes cangrejos rojos.

Actividades principales y complementarias

Ruta	Actividades principales	Actividades complementarias
Ruta de los humedales del sur de Isabela	• Ciclismo, senderismo, caminata, observación de flora y fauna, fotografía	• Avistamiento de aves, interpretación ambiental
Ruta del mar	• Snorkeling, buceo, observación de fauna, fotografía	• Natación, kayak, , interpretación ambiental
Ruta de las tintorerías	• Senderismo, snorkeling, buceo, observación de fauna, fotografía	• Pesca vivencial, pesca artesanal, interpretación ambiental, natación, kayak
Ruta de los volcanes	• Senderismo, caminata, observación de flora y fauna, avistamiento de aves, fotografía	• Cabalgata
Ruta de la biodiversidad	• Snorkeling, buceo, observación de flora y fauna, avistamiento de aves, senderismo, fotografía	• Panga ride, natación

Fuente: Autores

Planta turística disponible

Todos los establecimientos que brindan servicios turísticos se encuentran localizados en Puerto Villamil:

- **Alojamiento:** 618 plazas en 28 establecimientos.
- **Alimentación:** 21 establecimientos con 961 plazas.
- **Bares:** 7 establecimientos con 228 plazas.
- **Operadoras de turismo:** 19 establecimientos.

Estructura de gestión (operación)

En el marco de las competencias territoriales la estructura de gestión debe trabajarse desde el Gobierno Autónomo Descentralizado de Isabela, pues le compete la incorporación de mejoras en el territorio para

garantizar una adecuada dotación de servicios, de sistemas de movilidad, así como de normativas de regulación y control.

A nivel operativo la comercialización y ejecución de la programación del viaje a través del sistema de rutas le corresponde a las agencias de viajes y operadoras de turismo de la zona, por cuanto en conjunto con los prestadores de servicios (hospedaje, alimentación, transporte, guía) son los directamente beneficiarios de la actividad.

Requerimientos del sistema de rutas

- Mantenimiento vial
- Mantenimiento e incorporación de facilidades turísticas
- Capacitación en mandos medios
- Delimitación de senderos
- Implementación de un sistema de gestión de calidad para establecimientos turísticos

Estrategias para la puesta en valor del territorio a través del sistema de rutas turísticas

Las estrategias para la puesta en valor del territorio a partir del sistema de rutas turísticas trabajan tres ejes: ambiental, social y de producto turístico, has sido establecidas en función de las competencias y atribuciones del Gobierno Autónomo Descentralizado de Municipio de Isabela.

Eje	Estrategias	Objetivo
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la capacidad de carga turística de los sitios de visita incorporados en el sistema de rutas. • Capacitar a la población y prestadores de servicios turísticos sobre acciones para prevenir posibles impactos ambientales provocados por actividades turísticas. 	Conservar los sitios de visita de la isla Isabela.
Social	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliación del sistema de cobertura de servicios básicos en la isla. • Proporcionar mantenimiento constante en las vías de acceso. • Tramitar la apertura de nuevos sitios de vista • Implementación de mecanismos de difusión que destaquen el valor diferencial la oferta 	Garantizar las condiciones de permanencia de los turistas, así como las condiciones de vida de la población.
Producto turístico	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de fam y press trip • Generación de alianzas estratégicas con operadoras y agencias de viajes del continente • Participación en ferias y eventos de turismo • Implementación de un sistema de gestión de calidad para establecimientos turísticos 	Incrementar el volumen de demanda y el tiempo de permanencia en la isla

Fuente: Autores

Discusión

La valoración del territorio a partir de una ruta turística no puede ser vista única y exclusivamente desde niveles de atractividad, es decir, cuán alta es la jerarquía del atractivo turístico para captar una demanda receptiva o de proximidad. A partir de esta experiencia se puede indicar que el valor del territorio debe ser visibilizado desde distintos ejes.

1) A partir de la concepción del turismo como actividad de desplazamiento, el valor radica en un reconocimiento de las otras potencialidades existentes en el territorio, pues un solo motivo de viaje puede derivar negocios inclusivos vinculantes a la cadena de valor del turismo desarrollando nuevas dinámicas y creando otras atracciones.

2) Desde la visión del negocio, la capacidad de captar demanda implica la garantía de tener empresas económicamente rentables, con capital suficiente para cubrir sus costos operativos y generar una utilidad que pueda ser reinvertida en la empresa y en acciones de responsabilidad social empresarial como valor agregado que aporte a mejorar la imagen del negocio en el mercado, con un subsecuente incremento en el volumen de ventas para seguir sosteniendo la cadena.

3) En términos de conservación, un colectivo social consciente de su realidad que valora los recursos de su territorio, no solo ve el recurso como un atractivo sino como un patrimonio intergeneracional de vida al cual debe respetar y proteger, en este sentido, las acciones de desarrollo turístico que planifique para garantizar una oferta de calidad, no dejará de lado temas ambientales no solo porque es importante para el turismo, sino porque de ello depende su pervivencia en el largo plazo.

4) En lo social, la puesta en valor del territorio a partir de la integración de una ruta como producto, implicaría tener un "pretexto" para que los encargados de la gestión pública y porque no, otros organismos de cooperación, realicen mejoras en todos los escenarios por los cuales atraviesa la ruta, pues ésta debe contener las garantías suficientes para una adecuada circulación y estancia del turista, así como para una mejor condición de vida de la población.

Conclusiones

La puesta en valor del territorio parte del reconocimiento que tiene la población sobre el potencial existente y la capacidad de generar ofertas integradas con valor diferencial que incremente los días de permanencia en función de la capacidad de gasto del pasajero, las potencialidades del territorio en cuanto a sus niveles de atracción, planta turística y satisfacción de necesidades básicas de la población.

Isabela cuenta con recursos de biodiversidad significativos con atractivos de alto potencial dada sus jerarquías; la planta turística esta subutilizada y tiene una capacidad instalada suficiente para acoger una mayor cantidad de demanda.

El sistema de rutas, integra la oferta existente incorporando atractivos distintos a los de la oferta actual, sin embargo, se requiere realizar la gestión para su apertura como nuevos sitios de visita.

Referencias

Acuerdo Ministerial 20060085. (2006). *Matriz de competencias por niveles de gobierno*.

Cardosa M. (2006). *El paquete turístico de todo incluido: Un análisis de sus implicaciones económicas para el caso de las Islas Baleares*. Madrid ES, p. 34.

Cooper C, (1993). *Tourism principles and practice*, Pitman Publish, Gran Bretaña. Recuperado de: https://books.google.com.ec/books?id=XnARoli1ZNQC&pg=PA15&dq=definicion+de+demanda&hl=es419&sa=X&ved=0CBsQ6AEwAGoVChMIq6i1gK_OyAIViX6QCh3-oA2L#v=onepage&q=definicion%20de%20demanda&f=false.

De Barros, N. & Gissi, J. (2016). *El Taller, integración de teoría y práctica*. Recuperado de: <http://cdjbu.uca.edu.ec/ebooks/librosyrev/61557.pdf>.

Estadísticas de visitantes a Galápagos. (2013). Recuperado de: http://www.galapagospark.org/documentos/turismo/pdf/DPNG_informe_anual_visitantes_2013.pdf.

- Fierro, G. Tierra, P y Piray, M. (2009). Diseño de rutas temáticas para el desarrollo turístico de la provincia de Bolívar. *Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el Título de Magister en Ecoturismo y Desarrollo Comunitario. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ciudad de Riobamba. Ecuador.*
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Isabela (2012- 2016), *Plan de Ordenamiento Territorial*, períodos 2012-2016.
- Gunter, R. (2007). *Guía del patrimonio de áreas naturales protegidas del Ecuador. Clasificación Ecológica y Características Climáticas de las islas Galápagos.* Quito, Ecuador. 1ed, p. 279.
- Iglesias, J. (1998). *Comercialización de productos y servicios turísticos.* Editorial Síntesis, S.A. Madrid – España, p. 255.
- Koch, J. (2009). *Manual del Empresario Exitoso.* Recuperado de: <http://www.esmas.com/emprendedores.html>.
- Martínez, E. (2006). *Diagnóstico situacional* (en línea). Honduras. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/kheiron/diagnosticosituacional>.
- Ministerio de Turismo del Ecuador. (2004). *Metodología para el inventario de Atractivos Turísticos.*
- Noboa, P. y Tierra, P. (2014). Community based tourism: Senses about the nature and the culture struggle. *Trabajo presentado en Ecotourism and Sustainable Tourism Conference (ESTC) de The International Ecotourism Society y Ministerio de Turismo del Ecuador.* Quito, Ecuador.
- Organización Mundial del Turismo. (1999). *Guía para administraciones locales: Desarrollo turístico sostenible*, Madrid, pág.35-39.
- Organización Mundial del Turismo. (1999). *Generalidades del turismo.* Recuperado de: www.galeon.com/apunteturismo/apuntes/trostel.doc.
- Pinto, C. (2009). *Administración, tributación, marketing, finanzas, estrategias.* Recuperado de: <http://www.admblog.undermedia.com.ec>.
- Rodríguez, G. (2008). *Elementos de la Técnica Bancaria*, Recuperado de: <http://www.monografias.com>.

La gestión sostenible de los recursos turísticos en el diseño de una ruta de trekking en las áreas naturales protegidas de Cotopaxi, Ecuador

Galo Ramiro Molina Vargas
galormolina@hotmail.com

Juan Alejandro Neira Rivera
Ministerio del Ambiente
juan.neira@ambiente.gob.ec

Maricela de los Ángeles Pulloquina Neacato
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
mapulloquina@espe.edu.ec

Resumen

El presente artículo trata la gestión sostenible de los recursos turísticos a partir de su presencia física y ubicación precisa en el territorio, observa la planificación del espacio turístico para presentar un diagnóstico situacional de las áreas protegidas de la provincia de Cotopaxi: Parque Nacional Cotopaxi, Área Nacional de Recreación el Boliche, Reserva Ecológica los Illinizas, y Parque Nacional Llanganates. En el artículo se plantea que el crecimiento del turismo en las áreas naturales de la región, la renovación y el ánimo por la conservación son las principales razones para el diseño de nuevas rutas turísticas, como proceso se desarrolla un estudio de mercado en base a decenas de turistas indagados mientras visitaban el territorio, dicho estudio establece el perfil del turista que visita las áreas protegidas, así también determina las motivaciones, preferencias, y demás elementos que permiten proponer la herramienta de gestión. Posteriormente la valoración del patrimonio turístico, zonificación, y determinación de enclaves complementan el diseño de una ruta de trekking que aporta a la visita con conciencia del cuidado ambiental, respeto por lo ancestral y crecimiento consciente del turismo.

Palabras claves: gestión sostenible, rutas turísticas, área natural protegida.

Abstract

This article is about the sustainable management of tourism resources based on their presence and location in the territory, it looks the planning of the tourists pace as a clue to present a situational diagnosis of the protected areas at the Cotopaxi Province in Ecuador, such as: Cotopaxi National Park, Boliche Recreational National Area, Illinizas Ecological Reserve and the Llanganates National Park. Also, this article proposes as the increase of tourism in the regional's natural areas, the renovation and the encouragement of conservation are the main reasons for the design of the new tourist routes. It is developing a market study based on tens of tourists inquired while were visiting our country. This study sets the profile of the tourist which visits the protected areas, as well as determines the motivations, preferences and other elements that allow to propose the new management tools. Subsequently, the valuation of tourism heritage, the zoning and the determination of enclaves complement the design of a trekking route that contributes to the visit with awareness of environmental care and respect for the ancestral and tourism-conscious increase.

Keywords: sustainable management, tourism routes, protected natural area.

Introducción al problema

En la provincia de Cotopaxi existe la influencia de cuatro áreas naturales protegidas administradas por el Ministerio del Ambiente, las cuales despiertan el interés de los prestadores de servicios turísticos para su aprovechamiento, sin embargo el ente administrador no impulsa acciones que permitan que las áreas protegidas en mención y su territorio circundante se desarrollen como destinos turísticos, y actualmente se manejan como sitios para la conservación únicamente, es decir se ha evitado en gran nivel la intervención de la mano del hombre para ofrecer actividades recreativas, lógicamente debido al respeto o pertinencia de los servicios ofrecidos y la tipología de área natural, sin embargo se considera que es importante que las áreas de la provincia puedan ofrecer mayores servicios sin abandonar la tipología a la que pertenecen.

Buscando diversificar la oferta de las áreas naturales a través de la gestión de los recursos turísticos se considera que la propuesta más idónea es el diseño de una ruta a través de la valoración del patrimonio turístico, zonificación, y determinación de enclaves; ruta de trekking (modalidad de excursionismo que consiste en recorrer a pie largas distancias, generalmente de alta montaña poco frecuentadas por el turismo convencional), que permita aprovechar de manera sostenible las áreas naturales (Parque Nacional Cotopaxi, Área recreacional el Boliche, Reserva Ecológica los Illinizas, Parque Nacional Llanganates), en la provincia de Cotopaxi. En cuanto al diseño de la investigación se muestra sobre las rutas turísticas que se han diseñado en otros países y provincias del Ecuador, para conocer su desempeño y el efecto que tuvieron en el desarrollo turístico de las zonas. En esta propuesta, la medición matemática y estadística se aplicó dentro del levantamiento de la información para el estudio de mercado y para determinar tendencias turísticas.

El método analítico sintético extiende la posibilidad de reflexionar sobre los diferentes documentos consultados, entre los que constan textos en materia de turismo, fuentes históricas, prensa escrita, material cartográfico, etc., que a la vez permite extraer la información más relevante. El método técnico entrega a la investigación credibilidad necesaria, al utilizar elementos como investigación de mercado, y planificación del espacio territorial, validando el trabajo investigativo.

Importancia del problema

Ecuador es un país poseedor de un gran recurso turístico, la mayor atracción para la visita de turistas extranjeros son sus atractivos naturales, debido al estado de conservación, actividades que se pueden realizar dentro de los mismos, etc., muchos de los recursos turísticos se aprovechan en rutas como las siguientes: “Avenida de los Volcanes”, “Ruta del Spondylus”, YakuÑamby (Ruta del Agua), la Ruta del Tren, el KapakÑan (camino del inca), Kuri Pishku, y otras de menor corriente turística.

El diseño de rutas turísticas, así como su implementación es una práctica presente en las áreas protegidas del país y en el caso del territorio en estudio se cuenta con senderos al interior de las áreas protegidas, sin embargo, no existe una ruta que reúna los recursos de las tres áreas protegidas en una sola opción de visita. El propósito del diseño de rutas turísticas es el de ofrecer al turista la facilidad de poder explorar y conocer nuevos lugares, para la realización se debe tomar en cuenta el nivel de conservación de cada atractivo que formará parte de la ruta, y su valor, el mismo que determinará el éxito o fracaso de una ruta turística.

De acuerdo con el crecimiento de la corriente turística en las áreas naturales, el diseño de rutas turísticas al interior de las mismas contribuye a satisfacer las necesidades de los turistas que optan por realizar actividades al aire libre. La ruta turística pone a disposición de los visitantes “caminos” apropiados para la realización de

actividades como trekking, así como también ofrece información verídica y confiable sobre el lugar y las actividades que se pueden realizar, pero no solo eso, por décadas el turismo ha sido concebido y dirigido como un fenómeno social donde se prioriza la satisfacción del visitante por sobre las necesidades propias de los anfitriones, en un ejercicio de conocer el paisaje pero desinteresarse o aún más grave desconocer al habitante de dicho paisaje; la gestión sostenible de los recursos turísticos demanda replantear el paradigma, plantea que procesos como la planificación y diseño de rutas se conciben desde la convivencia, y la importancia del actor local no solo por estar presente en el territorio sino que es importante por su grado de actuación, responsabilidad, operatividad y desarrollo de su propio recurso y territorio.

Esta concepción en el diseño aporta a la satisfacción del visitante y contribuye al desarrollo de las comunidades cercanas, brindando la oportunidad de crecimiento mediante la implementación de emprendimientos, así también se abren las puertas para la capacitación en post de brindar una buena atención al cliente (turista), uno de los aportes también se ve reflejado en la conservación ambiental, ya que al tener senderos específicos para la realización de esta actividad se evita perjudicar muestras de flora y fauna.

Metodología

El tratamiento de los elementos teóricos se apoyó en el método bibliográfico, permite establecer los conceptos técnicos para la gestión sostenible de los recursos turísticos en el diseño de una ruta de trekking, revisa la teoría del espacio turístico “tanto los atractivos turísticos como la planta y la infraestructura turística tienen presencia física y una ubicación precisa en el territorio, cualidad que no alcanza a la superestructura porque las organizaciones que la integran son importantes por su concreta modalidad para operar y no por el aspecto y ubicación de sus oficinas. (Boullon, 1999). El espacio turístico se organiza en zonas, áreas, centros, núcleos y corredores; la investigación observa a la zona turística como “la unidad de mayor análisis y estructuración del universo espacial turístico de un país. Su superficie es variable, ya que depende también de la forma de distribución de los atractivos turísticos, que son los elementos básicos que hay que tener siempre en cuenta para su delimitación. Su dimensión mínima es la inmediatamente mayor a la máxima que alcance un complejo turístico. Para que exista una zona turística se debe contar con un número mínimo de diez atractivos suficientemente cercanos, sin importar a que tipo pertenecen y de que categoría son.” (Cárdenas, 2006).

También toma para sí las conceptualizaciones acerca de las categorías de áreas naturales protegidas presentes en el territorio sujeto de estudio (MAE, 2007-2016).

- Parque Nacional: área de conservación de tamaño grande (más de 10.000 ha) tiene como objetivos principales la conservación de paisajes, ecosistemas completos y especies. Sus ambientes deberán mantenerse poco alterados, con un mínimo de presencia humana. Las actividades prioritarias estarán relacionadas con la investigación y el monitoreo ambiental, siendo factible el desarrollo del turismo de naturaleza como actividad de apoyo a la conservación de los recursos naturales.
- Reserva Ecológica: área natural de extensión variable poca intervención humana, recursos naturales sobresalientes, sitios de especies de gran significado nacional. El objetivo principal es el de guardar materia genética, diversidad ecológica, bellezas escénicas, fenómenos especiales y la regulación ambiental para la investigación científica y la educación ambiental. Cuando no hay conflictos con la investigación y la educación, se permiten actividades de recreación y turismo en áreas limitadas, siempre y cuando las características del recurso lo permitan.
- Área Natural de Recreación: área de tamaño mediano (entre 5.000 y 10.000 ha) objetivo principal de conservación es el paisaje natural que puede estar medianamente alterado, soporta

medianamente la presencia humana. Las actividades principales se relacionan con el turismo y la recreación, la restauración de ecosistemas y la investigación y monitoreo ambiental.

En función de los datos secundarios se estableció el análisis FODA de las cuatro áreas naturales, para determinar la zona de estudio. El método analítico sintético facilitó la posibilidad de reflexionar sobre los diferentes documentos consultados, entre los que constan textos en materia de turismo, fuentes históricas, prensa escrita, material cartográfico, etc. En esta propuesta, la medición matemática y estadística se aplicó dentro del levantamiento de la información para el estudio de mercado y para determinar tendencias turísticas.

El estudio de mercados se utilizó como herramienta cuantitativa, descriptiva y aplicada respectivamente [(Hernández, 2003; Churchill, 2003), (Tamayo, 2002; Lerma, 2002) (Ortiz & García, 2003)], el estudio fue elaborado en base a encuestas realizadas a los turistas que visitan las áreas naturales de la provincia de Cotopaxi, pudiendo así, mediante el análisis e interpretación de resultados, determinar el perfil del turista que visita el lugar.

El tamaño de la muestra se calculó a partir del número de turistas que ingresaron a las áreas naturales protegidas de la provincia de Cotopaxi en el año 2012, no se realizó ninguna exclusión demográfica debido a que la ruta está dirigida a los turistas que visitan las áreas naturales protegidas, la información del ingreso de turistas fue tomada del Ministerio del Ambiente. El cálculo respondió al método probabilístico aleatorio simple.

Tabla 1
Ingreso de Turistas a las áreas naturales de la Provincia de Cotopaxi.2012

Número de ingresos nacionales y extranjeros en el año 2012 (Expresado en número de ingresos de personas)

	Parque nacional Cotopaxi	Parque nacional Llanganates	Reserva ecológica los Ilinizas	Área nacional recreación Boliche	Áreas naturales de Cotopaxi
Enero	11462	150	539	969	13120
Febrero	10634	150	898	1733	13415
Marzo	11200	444	579	1868	14091
Abril	12951	665	690	2235	16541
Mayo	12688	698	556	4371	18313
Junio	11801	928	706	3497	16932
Julio	20048	740	1277	3339	25404
Agosto	24817	1624	976	5919	33336
Septiembre	12570	618	566	3166	16920
Octubre	12520	911	618	3251	17300
Noviembre	13845	1050	442	4712	20049
Diciembre	13963	855	463	4272	19553
Total	168499	8833	8310	39332	224974

Fuente: Autores

Se aplicó la fórmula:

$$n = Z^2 (N.P.Q) / (N-1)(E^2) + Z^2 (P.Q)$$

Tabla 2

Datos tamaños de la muestra

n= tamaño de la muestra	?
P= Probabilidad de Éxito	P=0.80
Q= Probabilidad de Fracaso	Q=0.20
N= universo	N= 217024
E= error	E=0.05
Z = Niveles de confianza (95%)	Z=1.96

Fuente: Badii, M.H., A. Guillen, E. Cerna & J. Valenzuela (2012) “Nociones Introductorias de Muestreo Estadístico”.

Se obtuvieron: 246 encuestas.

El número de encuestas realizadas se distribuyó de la siguiente manera, el 77,64% de las encuestas fueron realizadas en el Parque Nacional Cotopaxi, al ser esta el área natural con mayor afluencia de turistas, 191 encuestas; el 18,12% en el Área Nacional de Recreación el Boliche, 45 encuestas; y el 3,83% de las encuestas en la Reserva Ecológica los Illinizas, 9 encuestas; únicamente el 10% del Parque Nacional Llanganates se encuentra en la provincia de Cotopaxi, la mayor cantidad de turistas ingresan al área por los ingresos situados en las otras provincias en las que se encuentra este parque, por tal motivo se ha tomado como universo únicamente el 10% de los turistas que ingresan al Parque Nacional Llanganates, resultando 1 encuesta; El proceso matemático utilizado para la distribución de las encuestas a cada área natural fue regla de tres simple, es decir una relación entre el ingreso total de turistas a las áreas para obtener de esta manera el número exacto de encuestas que se deben realizar en cada una. La recolección de los datos, se realizó en un formato estructurado, relacionado con la siguiente necesidad de información, en resumen:

Información del visitante

- Sexo
- País de origen
- Edad
- Programación de viaje

Diagnóstico de conocimiento y planificación

- Conocimiento de áreas
- Programación de viaje

Aceptación y elementos de la ruta a diseñar

- Diseño de una ruta
- Sitios de motivación
- Tiempo de actividad
- Servicios dentro de la ruta
- Equipamiento

Diseño de guía

Actividades complementarias

- Valoración del entorno y recursos
- Valor del entorno natural
- Medio de información

El estudio de mercado sirvió como base para la siguiente y última etapa de la investigación: la elaboración y diseño de la “Ruta de trekking de las áreas naturales de la provincia de Cotopaxi”, en base a la metodología planteada se consideraron las siguientes fases: 1. selección de la zona de estudio, 2. nombre de la ruta, 3. clasificación de información, 4. Selección de atractivos, 5. descripción de actividades y puntos de interés, 6. diseño de la guía de trekking.

Resultados

Los resultados generados en la investigación de mercados permitieron identificar en primer lugar el perfil del visitante a las áreas protegidas sujeto de estudio: los visitantes a las áreas son mayormente hombres, sin que el porcentaje de mujeres varíe demasiado, la mayor parte de los visitantes son de nacionalidad ecuatoriana, su edad está entre los 18 a 25 años, generalmente visitan el lugar entre amigos, y/o familiares, la mayoría de las personas mencionaron conocer el Parque Nacional Cotopaxi, programan su viaje de manera independiente sin demandar los servicios de una agencia de viajes, y mencionan que si es necesario se diseñe una ruta turística de trekking de las áreas, el tiempo que consideran ideal para realizar la actividad de trekking es 1 hora, los servicios que el turista considera importantes dentro de la ruta son: alimentos y bebidas, transporte, hospedaje, y recreación, los turistas si tienen conocimiento sobre qué tipo de indumentaria deben llevar, en cuanto al diseño de una guía de trekking mencionan que si es necesaria y debe contener: mapa de ruta, servicios disponibles, grado de dificultad, indumentaria recomendada, y fotografías, cuando realizan trekking la principal actividad complementaria es acampar, lo que más valoran en un área protegida es el paisaje natural, y la conservación, finalmente el medio de comunicación por el cual las personas se enteraron y motivaron su visita a estos sitios naturales fue por medio de recomendaciones de amigos, familiares y otros viajeros.

Los meses en los cuales existe mayor afluencia de turistas en las áreas naturales de la provincia de Cotopaxi, son julio y agosto. En menor porcentaje visitan las áreas naturales turistas extranjeros de: Estados Unidos, Francia, Alemania, Venezuela y Argentina, en su mayoría adultos mayores, el viaje lo hacen en familia y/o en grupos de amigos, acompañados de un guía de turismo.

En segundo lugar el estudio de mercados permitió analizar la oferta del lugar: el Parque Nacional Cotopaxi (P.N.C.) tiene grandes atractivos naturales como parte de su oferta, el volcán Cotopaxi, laguna de Limpiopungo entre lo más importantes y reconocidos, cuenta con servicios como centro interpretativo, cafetería y un área definida de souvenirs, el Área Nacional de Recreación el Boliche (A.N.R.B.) es un lugar en donde las personas tienen acceso a realizar actividades controladas es decir áreas de parrilladas, área de campamento, recorridos ecológicos, en cuanto a la Reserva Ecológica los Illinizas (R.E.I.) existen elementos potenciales como es las termas y el ascenso hasta las elevaciones pero no han sido aprovechados por dificultades técnicas y coordinación, aunque posee un gran atractivo como es la laguna de Quilotoa, el Parque Nacional Llanganates (P.N.LL.) es un área en crecimiento por lo que no dispone de servicios, aunque se debe mencionar que se están realizando trabajos de adecuación vial. Los prestadores de servicios profesionales y no profesionales (empíricos), tienen un mayor enfoque a la venta turística del P.N.C. el A.N.R.B. y la R.E.I. haciendo énfasis en la laguna de Quilotoa por las facilidades que estos lugares ofrecen a los turistas, entre las facilidades están servicios en general como alimentación, hospedaje, cercanía con vías de acceso principales, servicios profesionales de guías y señalética implementada por los organismos gubernamentales antes mencionados.

En cuanto al sistema turístico, y las facilidades que presenta el mismo para la ruta de trekking en las áreas naturales de la provincia de Cotopaxi, se puede mencionar que son buenas. Las carreteras para acceder a los sitios por donde atraviesa la ruta de trekking, se encuentran en su mayoría en buen estado, siendo así que las

carreteras que llevan a Quilotoa, Parque Nacional Cotopaxi y Área Nacional de Recreación el Boliche son de primer orden y se encuentran asfaltadas, la carretera al Parque Nacional Llanganates, es de segundo orden y se encuentra lastrada en buen estado. En cambio, la vía de acceso a las “Termas de los Illinizas”, es de primer orden y se encuentra asfaltada hasta llegar a Pastocalle, de ahí en adelante la vía no está asfaltada, ni lastrada, y según se avanza en la ruta, el deterioro de la vía es mayor, por tal motivo, solo se puede llegar hasta el parqueadero en vehículo 4x4.

La presencia de centros de información turística, que sean de fácil y rápido acceso para el turista, es casi nula, pues únicamente se da información sobre el sitio en los lugares de control de ingreso al área, en el caso de las Termas de los Illinizas no existe control alguno en el ingreso, mucho menos sitios de información.

En el Parque Nacional Cotopaxi, Área Nacional de Recreación el Boliche, y en la zona de la laguna de Quilotoa de la Reserva Ecológica los Illinizas, existe buena infraestructura de apoyo, senderos delimitados y en buen estado, estas facilidades permiten que la visita del turista al área sea placentera. En cambio, en el Parque Nacional Llanganates, no existe infraestructura de apoyo, únicamente el control de ingreso de turistas, donde, si se solicita los visitantes pueden pasar la noche, además los senderos no se encuentran bien delimitados, y están en mal estado. En la parte de las “Termas de los Illinizas”, de la Reserva Ecológica los Illinizas, no existe ninguna infraestructura de apoyo, no existe sitio donde se controle el ingreso de turistas al área, únicamente existe señalética no muy clara que indica por donde avanzar hacia las termas.

En lo que respecta a infraestructura de abastecimiento, la zona de la laguna del Quilotoa, al encontrarse manejado por la comunidad, es el área que cuenta mayor oferta de servicios turísticos, siendo así que en este sitio se encuentran servicios de alimentos y bebidas, hospedaje, guianza y transporte para la ruta (mulas), los visitantes pueden pernoctar en el área. En el Área Nacional de Recreación el Boliche, se encuentra un restaurante dentro del área, y una cafetería en la estación del tren, si los visitantes desean pernoctar, pueden alquilar una cabaña, o hacer uso del área de camping. En el Parque Nacional Cotopaxi existe una cafetería en el centro de interpretación, y en el refugio José Ribas, además en el refugio se da hospedaje a las personas que han decidido escalar y hacer cumbre al Cotopaxi.

En cuanto a la oferta turística dentro de la presente investigación se toman como centros de distribución a las ciudades principales de la provincia de Cotopaxi es decir: Latacunga, Salcedo y Pujilí, debido a que la distancia a las áreas naturales no es demasiado extensa, y por las facilidades que se encuentran en las mismas.

Una vez realizados los análisis de perfil de turista, oferta y demanda, se ejecutaron cada una de las etapas del diseño de rutas turísticas.

Selección de la zona de estudio

Evaluó a cada una de las áreas protegidas a través de los factores: atractivos turísticos, acceso al atractivo, información turística, conservación del entorno, belleza paisajística, señalética, delimitación de zonas, estado de senderos, servicios existentes, caminabilidad, y distancia de la zona urbana. Cada ítem fue valorado en una escala de 0 a 5 donde 0 denota la inexistencia del factor y 5 indica el estado óptimo del factor. Para comprensión del proceso se cita una tabla de selección de zona de estudio correspondiente a la evaluación del área protegida Parque Nacional Cotopaxi como ejemplo:

Tabla 3
Evaluación de áreas Parque Nacional Cotopaxi

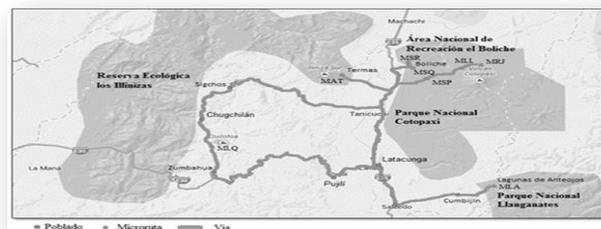
Nro.	Factores	Área Centro de Interpretación	Área Laguna de Limpiopungo	Área Refugio José Ribas	Área Pucará Salitre
1	Atractivos Turísticos	3	4	5	2
2	Acceso al atractivo	4	4	5	2
3	Información Turística	4	3	3	0
4	Conservación del entorno	3	4	3	4
5	Belleza Paisajística	3	4	5	4
6	Señalética	4	4	3	3
7	Delimitación de zonas	5	5	3	2
8	Estado de Senderos	5	5	3	2
9	Servicios existentes	4	2	3	0
10	Caminabilidad	3	5	3	1
11	Distancia de la zona urbana	5	4	3	2
	Total	43	44	39	22

Fuente: Autores

Todas las áreas que alcanzaron una puntuación mayor a 30 puntos fueron tomadas en cuenta para el diseño de la ruta, configurándose de la siguiente manera:

- Parque Nacional Cotopaxi, área que inicia en el control Caspi, atraviesa el centro de interpretación, zona de camping, laguna de Limpiopungo y llega al refugio José Ribas.
- Área Nacional de Recreación el Boliche, área que abarca la estación del tren, área de camping, senderos Quishuar y Romerillos y centro de Interpretación.
- Reserva Ecológica los Illinizas, en esta área protegida se han seleccionado dos áreas, la primera corresponde al área del Quilotoa, y la segunda al sector de Pastocalle que llega hasta las aguas termales de los Illinizas.
- Parque Nacional Llanganates, área alrededor de las lagunas de anteojos.

La ruta de trekking en las áreas naturales de la Provincia de Cotopaxi, se estableció de ésta forma:



Mapa 1

La Ruta de Trekking de las Áreas Naturales de la Provincia de Cotopaxi

Fuente: Autores

Nombre de la ruta

“Ruta de trekking en las Áreas Naturales de la Provincia de Cotopaxi”, un nombre simple y de fácil comprensión para el lector. La ruta de trekking está conformada por varias micro rutas dentro de cada área, las cuales se han establecido de la siguiente manera:

Tramo del Parque Nacional Cotopaxi: Microruta del Sendero del Páramo, que inicia en el centro de interpretación, su nombre comercial es “Sendero del Páramo”. Microruta de la Laguna, alrededor de la laguna de Limpiopungo, su nombre comercial es “Sendero de la Laguna”. Microruta del refugio José Ribas, recorrido desde el parqueadero del refugio hasta el refugio José Ribas, su nombre comercial es “Ruta hacia la Nieve”.

Tramo del Área Nacional de Recreación el Boliche: Microruta Sendero Quishuar, es el sendero más pequeño, termina cerca del centro de interpretación, su nombre comercial es “Sendero Quishuar”. Microruta Sendero Romerillos, es el sendero más largo, de gran belleza paisajística, su nombre comercial es “Sendero Romerillos”.

Tramo del Reserva Ecológica los Illinizas: Microruta del Quilotoa, inicia en el mirador del Quilotoa, rodea parte del cráter y termina en el poblado de Chugchilán, su nombre comercial es “Ruta del Quilotoa”. Microruta de las Aguas Termales, ruta que lleva hasta una magnífica terma, su nombre comercial es “Ruta de las aguas Termales”.

Tramo del Parque Nacional Llanganates: Microruta de las Lagunas de Anteojos, rodea las lagunas de anteojos, su nombre comercial es “Ruta de Anteojos”.

Clasificación de información

Para la clasificación de la información se tomó en cuenta los puntos GPS para el diagrama de rutas, coordenadas, vías de acceso, distancias, tiempo de recorrido, altura, y se acompañó con una bitácora fotográfica del atractivo o facilidad. Se establecieron 18 atractivos referenciales de visita.

Selección de atractivos:

A continuación, se detallan los atractivos y recursos turísticos que forman parte de la ruta.

Tabla 4
Selección de Atractivos

Área protegida	Microruta	Atractivo o recurso turístico	Código	Poblado cercano
P.N.C.	Sendero del Páramo	Páramo del sector	MSP	Lasso
	De Limpiopungo	Laguna de Limpiopungo	MLL	Lasso
	Del refugio José Ribas	Refugio José Ribas	MRJ	Lasso
A.N.R.B.	Sendero Romerillos	Flora y Fauna del Sitio	MSR	Lasso
	Sendero Quishuar	Flora y Fauna del Sitio	MSQ	Lasso
R.E.I.	Del Quilotoa	Laguna del Quilotoa	MLQ	Zumbahua
	De las Termas	Aguas Termales Illinizas	MAT	Pastocalle
P.N.LL.	De Anteojos	Lagunas de Anteojos	MLA	Cumbijin

Fuente: Autores

Descripción de actividades y puntos de interés

Básicamente refiere a una descripción de itinerario de las áreas, microrutas, atractivos o recursos turísticos, nivel dificultad, servicios y actividades a realizarse en la ejecución de la ruta.

A manera de ejemplificar la presente fase se citan los resultados obtenidos en la descripción del recorrido y

actividades complementarias para la ruta, tramo Parque Nacional Cotopaxi:

Inicia el recorrido en la ciudad de Latacunga (capital provincial), ubicada a 2750 m.s.n.m., se toma desde el terminal terrestre de Latacunga la carretera panamericana (eje 35) hacia el norte, se avanza en vehículo 26 kilómetros hacia el norte, en un tiempo de 25 minutos aproximadamente, y se toma un desvío a la derecha siguiendo la señalética (sentido Sur-Norte), se sigue por la vía asfaltada alrededor de 5 kilómetros, en un tiempo aproximado de 10 minutos, y se llega al Control Caspi del P.N.C., que se encuentra a 3240 msnm.

Dentro del área se propone 3 microrutas de trekking con diversos grados de dificultad, la primera microruta es el Sendero del Páramo, para llegar a esta microruta se avanza en vehículo 9,5km en un tiempo aproximado de 12 minutos, donde se observa el centro de interpretación del Parque Nacional Cotopaxi, que se encuentra a 3627 msnm donde existe una cafetería, y una tienda de recuerdos y cosas útiles para el viaje como gorras, bufandas, guantes, chompas, etc. Junto al centro de interpretación se encuentra el sendero del páramo, microruta ideal para trekking, tiene 800 metros de recorrido, que se caminan en un tiempo aproximado de 40 minutos, donde se puede apreciar paisajes de paramo, especies de flora, y algunas aves y mamíferos. El nivel de esta microruta es básico, se requiere una condición física normal, recomendada para jóvenes, adultos y adultos mayores.

La segunda microruta es la “Ruta de la Laguna”, para llegar a este sitio se avanza desde el centro de interpretación en vehículo 3km, en un tiempo aproximado de 10 minutos, donde a mano izquierda se encuentra la señalética que indica el ingreso a la laguna, desde este sitio se avanza 1,6 km, en un tiempo aproximado de 5 minutos, y se llega a la laguna de Limpiopungo, que se encuentra a 3892 msnm al llegar al sitio se observa la señalética que indica por donde debe realizarse el trekking, en esta microruta se observa principalmente especies de aves que viven en la laguna como: Avefria Andina, Focha Andina, Curiquingue, Gaviota Andina, Cerceta Andina entre los principales, además mamíferos como caballos salvajes y liebres. Esta microruta tiene 2,6 km, que se caminan en un tiempo aproximado de 40 minutos, esta microruta es el trekking más fácil dentro del área, debido a que todo el camino a seguir es plano, el camino a seguir está bien marcado, y cuenta con las debidas seguridades. El nivel de esta microruta es básico, se requiere una condición física normal, todo el sendero es una planicie y se encuentra delimitado, recomendado para a jóvenes, adultos y adultos mayores.

La tercera microruta es la “Ruta hacia la Nieve”, para llegar al inicio de la microruta se avanza en vehículo 7,5 km en un tiempo aproximado de 23 minutos, hasta llegar al parqueadero que se encuentra a 4618 msnm, la distancia del tramo es de 1000 metros, que se realizan en un tiempo aproximado de 1 hora, se necesita una buena condición física, pues toda la microruta es subida y el frio es intenso, en la microruta se puede observar animales como coyotes, y dependiendo del clima se puede apreciar nieve. La ruta finaliza en el refugio José Ribas, donde existe una cafetería que oferta productos calientes para combatir el frio. El nivel de dificultad de esta microruta es alto, se requiere una buena condición física, ya que todo el sendero es en subida, no existe delimitación del sendero, recomendada para jóvenes y adultos, no se recomienda para adultos mayores debido al gran esfuerzo físico que demanda la microruta y por la altura en la que se encuentra.

Para complementar la actividad de trekking en las 4 áreas naturales de la provincia de Cotopaxi se pueden realizar las siguientes actividades complementarias por tramo de ruta.

Tramo del Parque Nacional Cotopaxi: Existe la opción de descender en bicicleta desde el parqueadero del Refugio José Ribas hasta la laguna de Limpiopungo, el área de camping, o hasta el control Caspi. Existen

actividades al aire libre, entre el centro de interpretación y la laguna de Limpiopungo en el área de camping, y un pequeño espacio destinado para pic-nic, donde es posible acampar para pasar la noche, y a su vez preparar alimentos.

Discusión

Los resultados alcanzados en la investigación son importantes y se consideran un verdadero aporte a la gestión sostenible de los recursos turísticos, así como también al diseño de rutas, sin embargo, no sería un ejercicio completo sino se cuenta con un instrumento de difusión de los resultados, instrumento acorde a la información recabada y los resultados obtenidos, la última etapa de la metodología del diseño de rutas:

Diseño de la guía de trekking

Permitió obtener el valioso instrumento de divulgación, mismo que presenta el siguiente contenido:

Contenido

- Presentación
- La provincia de Cotopaxi
- Principio ambiental
- Recomendaciones para la actividad de trekking
- Consideraciones básicas de primeros auxilios:
- Teléfonos de interés:
- Tramo de trekking Parque Nacional Cotopaxi
 - Sendero del volcán
 - Características:
 - Equipo recomendado (indumentaria)
 - Mapa de ruta
 - Representación gráfica de la altura
 - Descripción del recorrido
 - Coordenadas de las rutas
 - Fotografías de la ruta
- Tramo de trekking Área Nacional de Recreación el Boliche
 - Rutas el Boliche
 - Descripción
 - Características
 - Equipo recomendado (indumentaria)
 - Mapa de ruta
 - Representación gráfica de la altura
 - Descripción del recorrido
 - Coordenadas del recorrido
- Tramo de trekking Reserva Ecológica los Illinizas
 - Ruta del Quilotoa
 - Descripción
 - Equipo recomendado (indumentaria)
 - Mapa de ruta
 - Representación gráfica de la altura

- Descripción del recorrido
- Coordenadas del recorrido
- Fotografías de la ruta
- Tramo de trekking Reserva Ecológica los Illinizas
 - Ruta de las aguas termales
 - Descripción
 - Equipo recomendado (indumentaria)
 - Mapa de ruta
 - Representación gráfica de la altura
- Descripción del recorrido
- Fotografías de la ruta
- Tramo de trekking Parque Nacional Llanganates
 - Ruta de las lagunas de anteojos
 - Descripción
 - Características
 - Equipo recomendado (indumentaria)
 - Mapa de ruta
 - Representación gráfica de la altura
- Descripción del recorrido
- Coordenadas del recorrido
- Actividades complementarias
- Simbología utilizada

Conclusiones

En este artículo se ha demostrado que la gestión sostenible de los recursos turísticos a través del diseño de una ruta turística de trekking, constituye la forma más idónea del aprovechamiento del recurso turístico con el que cuentan las áreas protegidas, aportando de esta manera a la dinamización de la actividad, pero sobre todo a desarrollar competencias locales en procura del aprovechamiento desde los mismos actores locales que empoderan la actividad turística en su territorio. El estudio de mercados constituye la herramienta cuantitativa, descriptiva y aplicada apta para establecer el perfil del visitante del territorio, perfil que permite configurar los requerimientos mínimos y máximos que debe tener la ruta para la satisfacción de las necesidades de la corriente turística pero también para satisfacer los anhelos y expectativas de los actores locales, que miran en el turismo una forma de generar ingresos económicos a sus familias sin sacrificar el medio ambiente.

La ruta así como las micro rutas alcanzadas en la investigación, concuerdan con un modelo de aprovechamiento que ya se entrega actualmente en el territorio, pero que sin embargo, el mismo no había sido planificado, u ordenado en su itinerario de visita, como tampoco antes se había establecido los servicios con los que cuenta el sistema turístico del lugar, por lo que la actual ruta de trekking de las áreas naturales de la Provincia de Cotopaxi, aporta de manera significativa al conocimiento y aprovechamiento de una ruta mayor consagrada como destino turístico la “ruta de los volcanes”. Sin embargo, su mayor aporte pasa por la planificación del espacio turístico y el aprovechamiento sostenible de los recursos desde la comunidad, la misma que debe constituirse en la protagonista de su desarrollo apostando por el cuidado de su entorno y el reconocimiento de su identidad cultural.

Agradecimientos

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga y al Ministerio del Ambiente de Ecuador, especialmente a la administración de las áreas protegidas Parque Nacional Cotopaxi, Área Nacional de Recreación el Boliche, Reserva Ecológica los Illinizas, y Parque Nacional Llanganates en la provincia de Cotopaxi; por las facilidades entregadas en el desarrollo de la presente investigación.

Referencias

- Badii, M.H., A. Guillen, E. Cerna & J. Valenzuela, UANL, San Nicolás, N.L., (2012) *Nociones introductorias de muestreo estadístico*. México & UAAAN, Saltillo Coah. México.
- Boullón, Roberto. (2006) *Planificación del espacio turístico*. Editorial Trillas Turismo. México.
- Cardenas, Tabares Fabio. (2006) *Proyectos turísticos localización e inversión*. Trillas segunda edición, México.
- Carvajal, Toapanta Débora. Cando, Asitumbay Norma. (2011) *Diseño de rutas turísticas para potencializar el turismo de Guaranda, Chimbo y San Miguel, en la provincia de Bolívar en el año 2009*. Ecuador.
- Churchil, G. (2003) *Investigación de Mercados*. 4 edición. International Thomson Editores. México.
- Constitución de la República del Ecuador 2008. Registro Oficial Nro. 449. Asamblea Nacional Constituyente.
- Córdoba, Padilla Marcial. (2006) *Formulación y evaluación de proyectos*. Eco ediciones, Colombia.
- Cotopaxi., C. d. (2006). Cámara Provincial de Turismo de Cotopaxi. Recuperado de: <http://www.captur.travel/>.
- Escobar, Tapia Diego. (2010). *Creación de la ruta turística "Haciendas Coloniales en la Provincia de Cotopaxi"*.
- Hernández, R. (2003) *Metodología de la Investigación*. 3ª ed. McGraw Hill. México. 705p.
- Lerma., H. D. (2002) *Metodología de la Investigación*. Ecoe Ed. Bogotá.
- Ministerio de Turismo. (2010) *Manual de señalización turística*.
- Ministerio del Ambiente. (2007 - 2016). *Políticas y plan estratégico del sistema nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2007). *Plan de Manejo del Área Nacional de Recreación El Boliche*.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan de Manejo del Parque Nacional Cotopaxi*.
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Plan de Manejo de La Reserva Ecológica Los Illinizas*.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Plan de Manejo del Parque Nacional Llanganates*.
- Planificación, C. N. (2009-2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir*. Quito.

Ricaurte, Quijano Carla. (2009) *Manual para el diagnóstico turístico local*, Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Tamayo, M. (2002) *El Proceso de la investigación científica*. 4ª Ed. Limusa Noriega Ed. México.

Turismo, M. D. (2002). *Ley de turismo*. Quito, Ecuador.

Ziperovich, Andrés. (2004) *Turismo y recreación. Recreación el principio del camino, turismo y recreación, nuevos campos de acción. Nuevos recursos tecnológicos*. Primera edición enero 2004. Editorial Trillas S.A. de c.v..

Zurita, Rosa Elizabeth. (2010) *Diseño de la ruta turística del chagra para el cantón Mejía Provincia de Pichincha*, pp.24 -25.

CIDE |||
EDITORIAL |||
Cod. 9942-8632 |||



ISBN 978-9942-759-02-3



9789942759023