

EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA LA UBICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN LA CIUDAD DE MACAS, A TRAVÉS DE LA PONDERACIÓN DE SUS VARIABLES CON EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO, AHP

Iván Fernando Palacios Orejuela*

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador

*Autor de correspondencia: ivan199632@hotmail.com

Recibido: 25 de abril de 2018 / Aceptado: 5 de mayo de 2018

RESUMEN

Los sitios destinados a la disposición final de desechos sólidos son considerados relevantes dentro del proceso de gestión ambiental y territorial de las ciudades. El crecimiento poblacional conlleva a un progreso de los centros urbanos, pero también, a un incremento de residuos sólidos que deben ser depositados en lugares con ciertas especificaciones. La ciudad de Macas, actualmente cuenta con un botadero de basura a cielo abierto, y no existe un estudio que señale un sitio que cumpla con los requisitos de la normativa ecuatoriana, por ello, se planteó determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario para la ciudad de Macas, mediante una evaluación multicriterio con un Proceso Analítico Jerárquico (AHP), con el fin de establecer opciones de sitios para un futuro cambio del lugar actual. Se trabajó con las variables de pendiente, uso de suelo, permeabilidad del suelo, ríos, vías, zona urbana y aeropuerto; a cada parámetro se asignó una ponderación mediante la matriz de Saaty, para ser ingresados en un SIG en que se realizó un álgebra de mapas. Además de las normas técnicas definidas en el TULSMA, libro VI, anexo 6, se utilizó el coeficiente de compactidad para escoger el polígono que mejor forma presentó. Se obtuvo un polígono que cumplió con las condiciones impuestas para el estudio, ubicado en la parte noroeste de la ciudad. El área donde se encuentra ubicado el botadero de basura de Macas, se encuentra en una zona no apta para su fin, por lo que con este estudio se presenta una propuesta ante un posible cambio a futuro.

Palabras Clave:

ABSTRACT

The sites destined to the final disposal of solid waste have been considered relevant within the environmental and territorial management process of the cities. Population growth leads to progress in urban centers, but also to an increase in solid waste that must be deposited in places with certain specifications. The city of Macas currently has a garbage dump in the open surface, and there it lacks of a study that indicates a site that meets the requirements of the Ecuadorian regulations. Therefore, it has been proposed to determine the optimal location of a landfill for the City of Macas, through a multicriteria evaluation with a Analytical Hierarchical Process (AHP), in order to establish site options for a future change of the current location. We have used the variables of slope, land use, soil permeability, rivers, roads, urban area and airport. Each parameter has been assigned a weighting using the Saaty matrix, to be entered into a GIS in which an algebra of maps has been performed. In addition to the technical standards defined in the TULSMA (book VI, appendix 6), the compactness coefficient has been used to choose the polygon that presented the best form. A polygon has been obtained that fulfilled the conditions imposed for the study, located in the northwestern part of the city. The area where the garbage dump of Macas is located is in an area not suitable for its purpose, so this study presents a proposal for a possible future change.

Keywords:

INTRODUCCIÓN

La disposición final de desechos sólidos ha sido un problema para las ciudades desde su creación, tal es la importancia de definir un sitio adecuado para la colocación de todos los desperdicios generados por las ciudades, que requiere de un estudio técnico para su ubicación.

La técnica utilizada para la disposición de los desechos sólidos en el suelo se denomina relleno sanitario, con la que se evita perjudicar al medio ambiente y sin causar molestias a la población (Ministerio del Ambiente, 2015). Este lugar, marca el punto de mayor transcendencia dentro de un sistema integrado de gestión de desechos sólidos, ya que involucra actividades con impactos ambientales como el riesgo a la salud de la población, cambio de cobertura vegetal, movimiento de tierra, manejo de lixiviados, emisión de gases, cambio del paisaje, entre otros aspectos a considerar (Zapata, & Zapata, 2013). El crecimiento poblacional a más de las repercusiones por su expansión demográfica, también involucran un alza en las cantidades de basura (Mena, et al, 2010), que en el mejor de los casos terminan en un relleno sanitario, de lo contrario terminan en botaderos a cielo abierto (Sáez & Urdaneta, 2014). Según (Solíz, M., 2015), a nivel de país, se producen semanalmente 58829 toneladas de residuos sólidos, de estas, solo el 20% terminan en condiciones adecuadas, el resto se distribuyen en vertederos a cielo abierto, botaderos controlados, ríos e incineradores. Un dato más reciente indica que el Ecuador presentó para el 2017, aproximadamente 4 millones de toneladas de desechos anuales, con una tendencia en 2016 a la separación de residuos en un 41.46% de los hogares (El Comercio, 2017).

Entre los problemas en la ubicación de los rellenos sanitarios está la escasez de áreas óptimas para su edificación, conflictos de uso del suelo con los habitantes aledaños y la recepción de desperdicios de los pueblos vecinos (Enriquez, S. & Rodríguez, A., 2016). Es por ello, que una adecuada disposición final de los desechos sólidos, está relacionado con un correcto y sostenible crecimiento del territorio, apoyado con los Planes de Ordenamiento Territorial (Cobos, et al, 2017).

De acuerdo a la Carta Magna del Ecuador (art. 264) (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008) y al Código orgánico de la organización territorial autonomía y descentralización (COOTAD) (art. 55), es competencia de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), el controlar, manejar y decidir el uso de los recursos (agua, aire y suelo), de su espacio físico y garantizar la capacidad de hacer frente a los conflictos que se deriven de él (Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 2011).

Desde el 2002 hasta el 2010, de los 221 municipio, 160 disponían sus residuos en botaderos a cielo abierto, con repercusiones sobre el medio ambiente y la salud de sus pobladores, el resto de municipalidades presentaban un manejo de sus desechos con criterios técnicos insuficientes, en lo que concierne a su disposición final (Ministerio del Ambiente, 2010), un visión que no ha cambiado mucho en la actualidad.

En cuanto a las técnicas utilizadas para la determinación de las zonas óptimas de un relleno sanitario, uno de los más utilizados es la evaluación multicriterio (EMC), la cual permite analizar un numero finito de criterios con varias alternativas y jerarquizarlas de acuerdo al grado de importancia (Pullar, 1999), (Gómez & Barredo, 2005). Dentro de esta temático existen varios trabajos que utilizan esta herramienta para la ubicación de sitios de disposición final de residuos, como, por ejemplo (Valencia, et al, 2010), (Charpentier & Tuso, 2014), (Giménez & Cardozo, 2012), (Rodríguez & Rebollar, 2006), entre otros.

Actualmente, la ciudad de Macas, no cuenta con un relleno sanitario, sino con un botadero de basura a cielo abierto, el cual se encuentra ubicada en la parte sur de la ciudad, con más de 10 años de funcionamiento (Fig. 1). Hoy en día, no existe un estudio sobre la cantidad de residuos sólidos urbanos que genera la ciudad, ni uno que permita determinar si el sitio donde se encuentra el botadero cuenta con las condiciones idóneas para su función. Esta ciudad cuenta con el servicio municipal de recolección de basura de Macas y a las demás parroquias rurales del cantón, con el pago de una tarifa por el servicio (GAD Municipal de Cantón Morona, 2016).



Fig. 1 Ubicación del actual botadero de basura de la ciudad de Macas. Fuente: Google Earth

Debido a la importancia señalada en una aplicación de técnicas que ayude a la toma de decisiones, en lo que refiere a la ubicación para a la disposición final de residuos urbanos, se planteó el presente trabajo, cuyo objetivo fue determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario para la ciudad de Macas, mediante una evaluación multicriterio con un Proceso Analítico Jerárquico (AHP), con el fin de establecer opciones de sitios para un futuro cambio del lugar actual.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la realización del presente estudio fue necesario en primer lugar la recolección de la información, la cual fue obtenida en un inicio de los geoportales del Instituto Geográfico Militar (IGM) y el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), de estos se obtuvo cartografía base, y, uso-cobertura del suelo y geomorfología respectivamente, pero, la información del IGM no estaba completa o no contaba con la variable espacial requerida. De forma similar sucedió con la información del IEE, cuya plataforma no presentó ningún resultado para el área de estudio, por lo que se optó por la generación de información propia, a base del uso de datos en plataformas extranjeras.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Macas, capital del cantón Morona y a su vez, capital de la provincia de Morona Santiago, se encuentra ubicada en la región amazónica del Ecuador, sus límites son, al norte: Pastaza; al sur: Zamora Chinchipe; al este: la república del Perú y al oeste: Tungurahua, Chimborazo, Cañar y Azuay. Se encuentra localizada entre los meridianos 76°37' y 78°58' aproximadamente de longitud occidental y entre los paralelos 1°25' y 3° 54' al sur de la línea equinoccial (GAD Municipal del Cantón Morona, 2016).

El cantón Morona se encuentra formado por 10 parroquias, 1 urbana (Macas) y 9 rurales que son: Zuñac, 9 de Octubre, San Isidro, Río Blanco, Proaño, Sinaí, Cuchaentsa y Sevilla Don Bosco (Fig. 2)

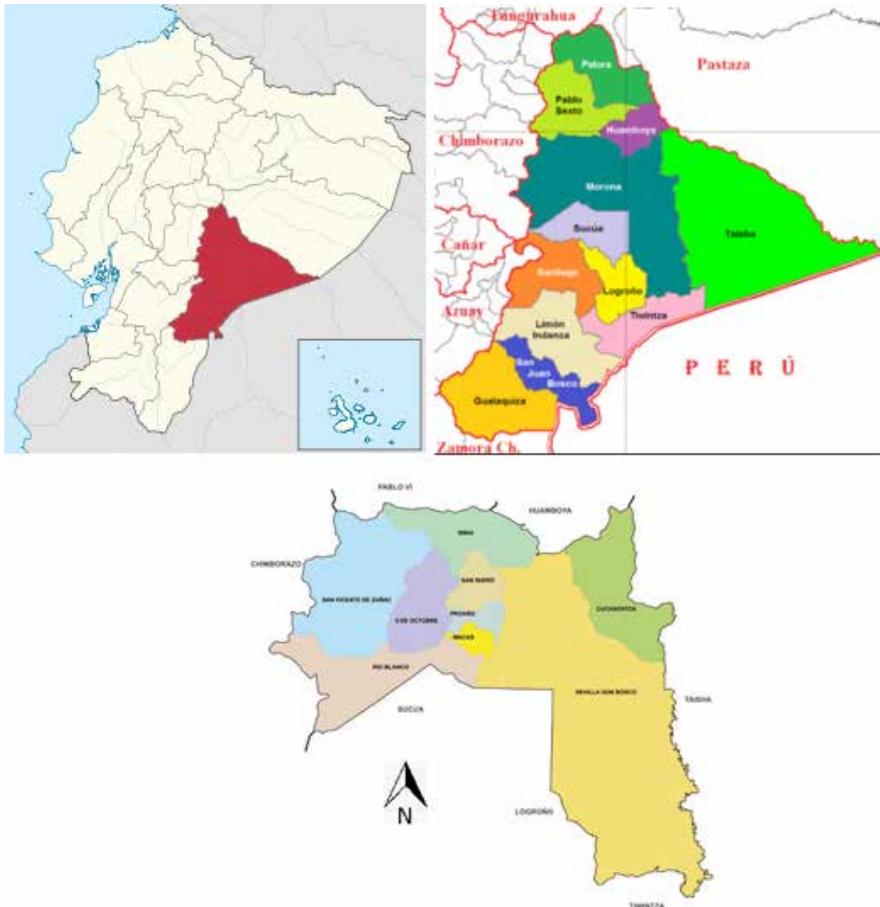


Fig. 2: Ubicación de la Parroquia de Macas. Fuente: (GAD Municipal del Cantón Morona, 2016)

El cantón Morona comprende una superficie de 4606.9 km², (parroquia Macas 52.61 km²), en cuyo territorio se localiza el 76% de las 517.725 hectáreas del Parque Nacional Sangay y las 311.500 hectáreas del Bosque y Vegetación Protector Kutukú – Shaime. Macas, es una ciudad milenaria fundada por los españoles en el año de 1575 con el nombre de Sevilla de Oro como parte de los dominios de la Gobernación de Yaguarzongos (GAD Municipal del Cantón Morona, 2016), está encaminada a un firme crecimiento y desarrollo para sus habitantes.

CRITERIOS DE UBICACIÓN

El criterio que se aplicó para la determinación de la o las zonas óptimas del relleno sanitario para la ciudad de Macas, se fundamentó en el TULSMA, libro VI, Anexo 6, específicamente en la sección 4.12. “Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado” (Ministerio del Ambiente, 2015). Los criterios de cada variable se observan en la Tabla 1:

Tabla 1. Criterios para las variables consideradas. (Ministerio del Ambiente, 2015)

Variable	Criterio
Aeropuerto	Distancia no menor de 13 km
Cuerpo de agua	Distancia mayor a 200 m
Vías	Distancia menor a 500 m
Zona urbana	Distancia mayor a 500 m
Permeabilidad del suelo	Impermeables
Pendiente	Menor igual al 15%
Uso del suelo	Zona rural
Poblados	Distancia mayor a 500 m

PREPARACIÓN DE LOS DATOS

De la base nacional continua del IGM (1:50.000), se obtuvieron los archivos .shp de aeropuertos, zona urbana, vías, poblados, mientras que del IEE se consiguió los .shp de permeabilidad del suelo y uso del suelo a escala nacional (1:25.000). Sin embargo, la información de pendientes y ríos no se encontraba completa, por lo que se generó esta información a partir de un modelo digital de elevación (DEM). La preparación de las variables previo a la EMC se presenta a continuación:

- **Aeropuerto:** la ciudad de Macas cuenta con el aeropuerto Edmundo Carvajal, el cual se encuentra en plena ciudad, para esta variable se seleccionó únicamente dicho aeropuerto, del total nacional con la herramienta Clip de ArcMap. En esta variable no se consideró la norma ecuatoriana (13 km) debido a que la distancia requerida, cubre casi totalmente la parroquia urbana de Macas, por lo que se indagó en las normativas de otros países; en Estados Unidos la Agencia para la protección del Medio Ambiente estableció, que la distancia mínima de seguridad era de 10000 pies (3,048 km) (EPA, 1993), pero, en el año 2002 la normativa fue cambiada a una restricción de 6 millas (9,656 km) (EPA, 2002), además, en la normativa mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, se recomienda un estudio de riesgo aviar para determinar la distancia mínima (SEMARNAT, 2003), por lo que para este estudio, se decidió utilizar la recomendación de la EPA.
- **Vías:** se obtuvo la cobertura de vías mediante la herramienta Clip de ArcMap, clasificadas en vías de primer, segundo y tercer orden.
- **Zona urbana:** se consideró la extensión actual de la ciudad, por lo que se utilizó la ortofoto para delimitar el área consolidada de la ciudad.
- **Permeabilidad del suelo:** se trabajó con la cobertura de Geopedología Nacional, delimitada para el área de estudio con la herramienta Clip.

- **Uso del suelo:** se basó a la información nacional del IEE, con la que se seleccionó el polígono que abarcó al territorio de la parroquia Macas con la herramienta Clip.
- **Poblados:** los asentamientos humanos que se encontraron fuera del área urbana de la ciudad fueron seleccionados mediante un Select by Location, pero ninguno se encontró dentro de la parroquia Macas, por lo que no se consideró esta variable para la EMC.
- **Pendiente:** al no existir información completa sobre el área bajo estudio, se buscó otras alternativas de generar datos, en este caso se utilizó un DEM obtenido del servidor web Alaska Satellite Facility, el DEM fue del satélite ALOS, con resolución espacial de 12.5 m, de las imágenes descargadas, se generó un mosaico dentro de ArcMap y posteriormente se elaboró el mapa de pendientes con la herramienta Slope, delimitada para el área de trabajo.
- **Cuerpos de agua:** se trabajó a partir del mosaico creado con el DEM ALOS, con la herramienta Hydrology se generó los ríos de toda la zona de estudio.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez establecidas las variables a considerar, se procedió a trabajar en el software ArcGIS 10.2 (ArcMap) para la aplicación del análisis multicriterio, para ello, en primera instancia se aplicó un Buffer a las variables aeropuerto, cuerpos de agua, zona urbana, según los valores de la Tabla 1. A continuación se procedió a utilizar la herramienta Erase, con el fin de obtener las áreas que se encontraban fuera de las zonas de buffer (zonas aptas), con lo que se procedió a convertir las coberturas vectoriales a ráster, con el fin de facilitar la manipulación de las variables. Se manejó una reclasificación en dos clases, el valor de 0 fue dado para las áreas que no cumplieran con las especificaciones dadas, y, el valor de 1 para aquellas áreas que cumplieran con los requisitos deseados, todo esto se realizó con la herramienta Reclassify; al final lo que se obtuvo fueron los ráster de las distintas variables a relacionarse, como se observa en la Tabla 2:

Tabla 2. Mapas de la EMC para definir la zona óptima del relleno sanitario en la Parroquia Macas

Variables	Mapas
Permeabilidad del suelo	
Zona urbana	

Ríos doble	
Ríos simple	
Aeropuerto	
Pendientes	
Uso del suelo	

Para ayudar en la toma de decisiones en cuanto al área óptima para la ubicación del relleno sanitario, se aplicó el método de las Proceso Analítico Jerárquico, AHP por sus siglas en inglés (Analytical Hierarchy Process), esta metodología fue implementada por Tomas L. Saaty, el cual consiste en usar las capacidades de las personas para utilizar la información y experiencia con el fin de comparar opciones pareadas y otorgar una ponderación a su relación entre sí (Saaty, 1995, citado por Gómez & Barredo, 2005). La ponderación se efectúa en una matriz de , cuyos valores se encuentra en un rango de 1 a 9, donde 1 es “igual importancia” y 9 es “extremadamente importante” (Osorio & Orejuela, 2008). Se utilizó el software IDRISI 17.0, al interior del cual fue ingresada la matriz en la herramienta WEIGHT – AHP, y los pesos resultantes luego de aplicar la metodología de Saaty se observan en la Tabla 3:

Tabla 3. Ponderación de las variables consideradas en el EMC

Variable	Ponderación
Pendiente	0.1428
Permeabilidad del suelo	0.1072
Aeropuerto	0.0715
Vías	0.0357
Ríos	0.1786
Uso del suelo	0.2142
Zona urbana	0.2500

Se procedió a colocar los ráster con sus respectivos pesos en la herramienta Raster Calculator (Fig. 3), con la cual se puede hacer operaciones de multiplicación entre ráster para obtener como resultado los polígonos donde se podría ubicar un relleno sanitario.

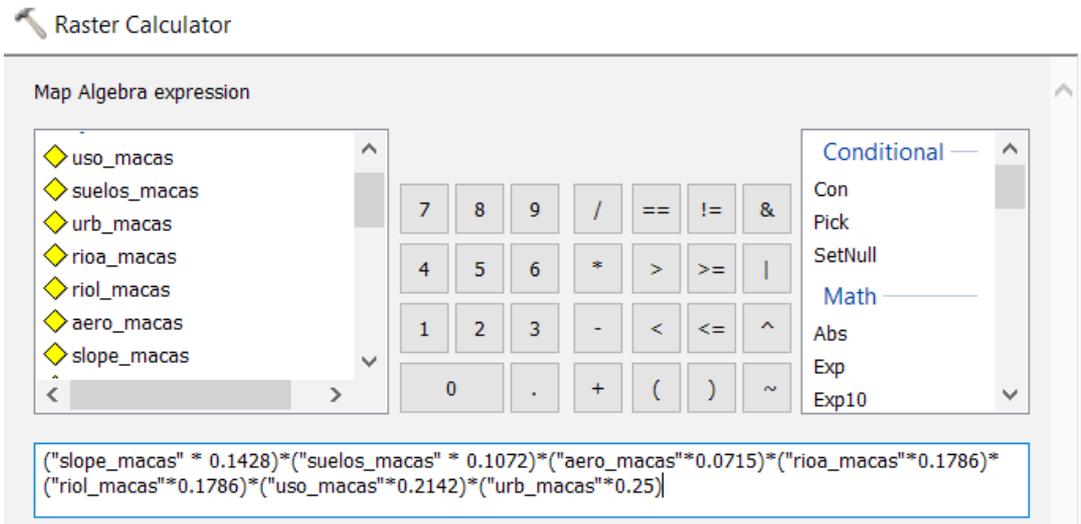


Fig. 3: Algebra de mapas para la ubicación de relleno sanitario

El resultado del algebra de mapas aplicado fue el siguiente:



Fig. 4: Polígonos preliminares para la ubicación del relleno sanitario

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Además del cruce de mapas, se consideró la variable vías, no buffer, sino a través del cálculo de distancias próximas, como indica los parámetros establecidos para el estudio (Tabla 1), con lo que se obtuvo una selección de los polígonos preliminares, como se muestra a continuación:



Fig. 5: Selección de polígonos a menos de 500m de una vía

Como un requisito significativo, fue el considerar a los polígonos con un área lo suficientemente grande, para el normal funcionamiento del relleno sanitario y el establecimiento de sus estructuras requeridas, por lo que se tomó un área mínima de 10 hectáreas. Asimismo, se realizó un análisis de la forma del terreno en que se ubicaría el relleno sanitario, para ello se usó el coeficiente de “compacidad”, o también llamado CRATIO, el cual indica si el polígono es de forma regular o irregular, mientras mayor sea su valor, más regular será el terreno. El CRATIO se calculó según la ecuación 1:

Finalmente, el polígono resultante se observa en la Fig. 6, a continuación:

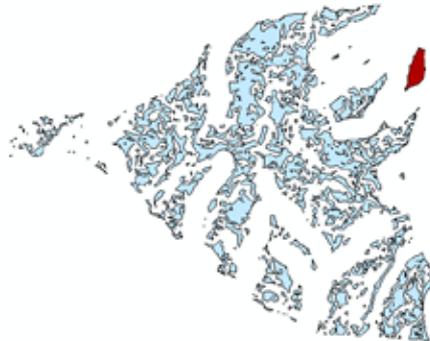


Fig. 6: Ubicación óptima según la EMC, para el relleno sanitario en la ciudad de Macas

Como se puede observar en la Fig. 6, se obtuvo un único polígono para la ubicación óptima de un relleno sanitario para la ciudad de Macas, en función a las 7 variables consideradas en este estudio. Las características del polígono resultante se observan en la Tabla 4, y el mapa resultante su observa en la Fig. 7.

Tabla 4. Características del polígono obtenido con EMC

Área	CRATIO	DISTANCIA A VÍA
16.58 ha	9.13	390.41 m

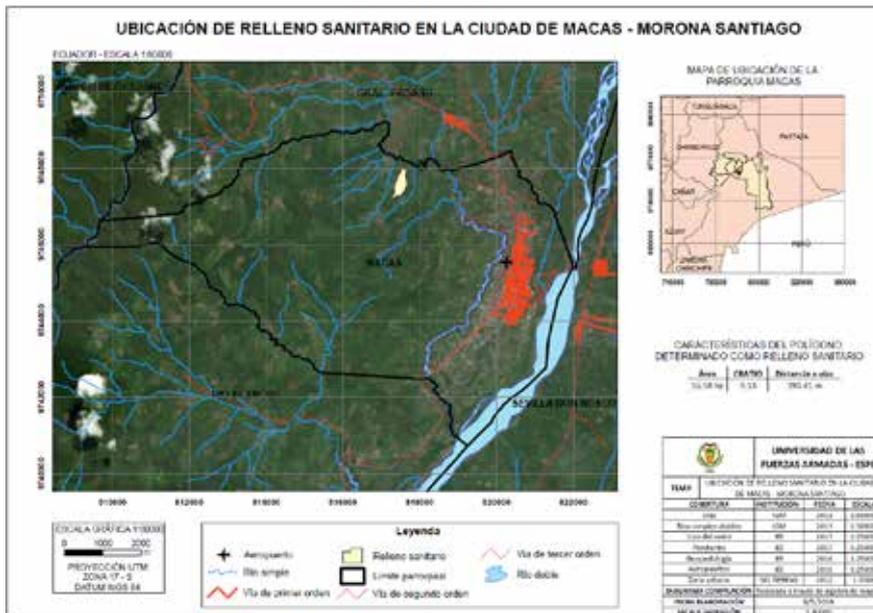


Fig. 7: Mapa de ubicación del relleno sanitario en la ciudad de Macas – Morona Santiago

Hay que señalar que con la variable vías, a más de vías de primer, se consideró las carreteras de segundo y tercer orden, a falta de las primeras hacia el lugar del polígono resultante, esto no fue un impedimento ya que, la vía de acceso al botadero de basura actual, es de lastre. Un resultado muy significativo del presente estudio, fue que no se encontraron opciones de terreno en la parte sur de la ciudad, donde se encuentra actualmente el botadero de basura, y más aún, el hecho de que se considere como mal ubicado al actual terreno destinado para la disposición final de los residuos de los habitantes del cantón.

Todos los polígonos resultantes, no intersecaron con áreas protegidas, estatales o privadas, acotación relevante debido a que parte del Parque Nacional Sangay y el Bosque Protector Kutukú – Shaimi, está dentro del territorio del cantón. Además, al tener un sitio identificado bajo sustento técnico, permitirá una planificación sustentada y coherente a futuro dentro de los Planes de Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón.

La variable que más limitó la ubicación de los polígonos fue el aeropuerto, ya que según la normativa ecuatoriana recomienda un radio de intervención de 13 Km, pero en vista de que el aeropuerto de la ciudad no funciona bajo un regular tráfico aéreo, se decidió colocar el área de intervención dada por la EPA, 1993. Sin embargo, se recomienda un estudio de riesgo aviar para determinar la distancia mínima al relleno sanitario (SEMARNAT, 2003), (Rodríguez & Rebollar, 2006).

Otro factor que se debería analizar para una mejor ubicación de un relleno sanitario, es la dirección de los vientos, en el caso de la ciudad de Macas, gracias al valle que forma el río Upano (este de la ciudad), se forman corrientes de aire en dirección sur oeste, por lo que la ubicación determinada en el estudio no afecta a la ciudad directamente.

El polígono determinado mediante EMC, cumplió con todas las especificaciones de la normativa ecuatoriana para la disposición final de desechos sólidos provenientes de la recolección de residuos sólidos, por lo que, se presenta este como una opción viable, para la ubicación de un nuevo sitio de relleno sanitario para la ciudad de Macas.

CONCLUSIONES

La evaluación multicriterio (EMC), permitió determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario para la ciudad de Macas, a través interrelacionar las variables de pendiente, permeabilidad del suelo, uso del suelo, cercanía a ríos, vías, y zona urbana, y proximidad a un aeropuerto.

El botadero de basura actual de la ciudad de Macas, se encuentra en un área no apta para su fin, ya que no presenta la suficiente distancia a cuerpos de agua y a la zona urbana de la ciudad, por lo que su salida del lugar debe ser considerada por las autoridades a un lugar con mejores condiciones, como se demostró en el trabajo.

El presente estudio, entrega una propuesta técnica para la ubicación de un relleno sanitario para la ciudad de Macas, que podría ser considerado en posteriores estudios sobre la temática analizada.

REFERENCIAS

- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Registro oficial Nro. 449.
- Charpentier, A. & Tusó, L. (2014). *Propuesta de un plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos (RSU) para la ciudad de Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, Ecuador mediante un modelo espacial*. Tesis de grado: Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Sangolquí, Ecuador.

- Cobos, S.; Solano, J.; Vera, A. & Monge, J. (2017). Análisis multicriterio basado en GIS para identificar potenciales áreas de emplazamiento de un relleno sanitario mancomunado en la provincia del Azuay. *CONFIBSIG*, 51-62.
- El Comercio. (28 de abril de 2017). *Ecuador tiene un déficit en reciclar basura*. En 2018, de <http://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-deficit-reciclar-basura-contaminacion.html>
- Enriquez, S. & Rodriguez, A. (2016). Evaluación geológica ambiental para ubicar un relleno sanitario manual en la parroquia Mene de Mauroa, Venezuela. *Minería y Geología*, 32(2), 87-101.
- EPA. (1993). *Criteria for Solid Waste Disposal Facilities*. Washington DC, Estados Unidos: EPA/530-SW-91-089.
- EPA. (2002). *Criteria for Municipal Solid Waste Landfills*. Washington DC, Estados Unidos: EPA-HQ-RCRA-2002-0034.
- GAD Municipal de Cantón Morona. (2016). *Ordenanza que regula la implementación, organización, administración y ejecución de la gestión integral de desechos sólidos en el cantón Morona*. Macas, Ecuador.
- GAD Municipal del Cantón Morona. (2016). *Historia de Macas*. en <http://www.morona.gob.ec/?q=node/175>
- GAD Municipal del Cantón Morona. (2016). *Ubicación geográfica*. En <http://www.morona.gob.ec/?q=content/ubicaci%C3%B3n-geogr%C3%A1fica>
- Giménez, M. & Cardozo, C. (2012). *Localización óptima de relleno sanitario aplicando técnicas multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG) en el área metropolitana del Alto Paraná*. Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM. La Plata, Argentina.
- Gómez, M. & Barredo, J. (2005). Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio. *RaMa*, 279.
- Mena, C.; Morales, Y.; Ormazábal, Y. & Gajardo, J. (2010). Localización de un relleno sanitario en la comuna de Parral, Chile, a través de evaluación multicriterio. *INTERCIENCIA*, 35(9), 684-689.
- Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados. (2011). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*. V&M Gráficas. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Programa 'PNGIDS' Ecuador*. MAE. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *TULSMA, Libro VI, Anexo 6: Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos*. MAE. Quito, Ecuador.
- Osorio, J. & Orejuela, J. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia Et Technica*, 14(39), 247-252.
- Pullar, D. (1999). Using an allocation model in multiple criteria evaluation. *J. Geogr. Inf. Decis. Anal.*, 3, 9-17.
- Rodriguez, M. & Rebollar, M. (2006). Selección primaria de zonas para la construcción de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial Caso de estudio: Municipios del Estado de México. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, 1(1), 1-14.
- Sáez, A. & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135.
- SEMARNAT. (2003). *Norma oficial NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo*. Diario Oficial de la Federación. México DF, México.
- Solíz, M. (2015). Ecología política y geografía crítica de la basura en el Ecuador. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (17), 4-28. doi:10.17141/letrasverdes.17.2015.1259
- Valencia, D.; Rias, C. & Vanegas, E. (2010). Metodología para la localización de un parque de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de tipo regional desde una perspectiva multidimensional. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 63-74.
- Zapata, A. & Zapata C. (2013). Un método de gestión ambiental para evaluar rellenos sanitarios. *Gestión y Ambiente*, 16(2), 105-120. doi:0124.177X.