

# UBICACIÓN TENTATIVA DE UNA PLANTA NUCLEAR EN EL ECUADOR CONTINENTAL

Darío Echeverría\*, Luis Fernando Godoy, Kerby Harnisth y Pedro Luna

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador

\*Autor de correspondencia: [djecheverria@espe.edu.ec](mailto:djecheverria@espe.edu.ec)

Recibido: 22 de febrero de 2018/Aceptado: 28 de febrero de 2018

## RESUMEN

En los últimos 15 años, Ecuador ha invertido en el desarrollo de energía de fuentes renovables, lo que se evidencia en las líneas de investigación de instituciones encaminadas a la consecución de este fin. Sin embargo, la idea de la utilización de energía nuclear para la producción de electricidad no se ha descartado del todo. Esta energía, actualmente se puede obtener solamente mediante la fisión del átomo, acción que libera una gran cantidad de energía. El Ecuador posee una entidad miembro de la Organización Internacional de Energía Atómica. Esta organización internacional vela por el uso pacífico de la energía nuclear, y plantea lineamientos para que su utilización sea lo más responsable posible en todo aspecto. El objetivo del presente trabajo fue analizar la ubicación tentativa para una planta nuclear en el Ecuador continental bajo los criterios establecidos por la IAEA. Para alcanzar el objetivo se siguieron los criterios, considerando además, bibliografía adicional para el establecimiento de criterios de distancia numéricos, para el análisis multicriterio realizado en ArcGIS 10.0. Se obtuvieron 6 áreas tentativas, siendo la de mayor tamaño la escogida como área más adecuada. Ésta se ubica en la provincia de Manabí, en los cantones El Carmen, Flavio Alfaro, Chone y Pichincha.

*Palabras claves:* planta nuclear, análisis multicriterio, ubicación.

## ABSTRACT

In the last 15 years, Ecuador has invested in the development of energy from renewable sources, which has been evident in the lines of research of institutions aimed at achieving such goal. However, the idea of the use of nuclear energy for the production of electricity has not been discarded altogether. This energy has been now able to be obtained only by the fission of the atom, an action that releases a large amount of energy. Ecuador has become a member entity of the International Atomic Energy Organization (IAEO). This international organization ensures the peaceful use of nuclear energy, and sets out guidelines to make its use as responsible as possible in every aspect. The objective of the present study has been to analyze the tentative location for a nuclear plant in mainland Ecuador below the criteria established by the IAEO. To achieve this objective, the criteria have been followed, considering additional bibliography for the establishment of numerical distance criteria for the multicriteria analysis performed in ArcGIS 10.0. Six tentative areas have been obtained, with the largest one chosen as the most suitable area. This is located in the province of Manabí, in the cantons El Carmen, Flavio Alfaro, Chone and Pichincha.

**Keywords:** nuclear plant, multicriteria analysis, location.

## INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de los últimos 15 años, Ecuador ha visto la necesidad de expandir las fuentes de su suministro de energía, en especial energía eléctrica. Es por esto que se

establecieron entidades encargadas del diseño de proyectos que busquen obtener energías de fuentes de carácter renovables. Esto se evidencia en las líneas de investigación establecidas por el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), que abarcan dos temas generales: eficiencia energética y energías renovables. El primer tema cubre alumbrado público, edificaciones, industrias y transporte, el segundo considera la biomasa, energía eólica, la geotermia y la energía solar. Todas las áreas de estudio para este instituto se plantearon en función de los objetivos nacionales y mundiales sobre el buen uso de la energía, la permanente disponibilidad, el acceso universal, y la mayor participación de fuentes renovables (INER, 2017).

Como se explicó anteriormente, el Ecuador ha invertido más en el desarrollo de energías de fuentes renovables, pero no ha dejado de lado opciones como la energía nuclear. Este tipo de energía se obtiene al manipular la estructura interna de los átomos, y se utiliza, generalmente, para la producción de electricidad, sin embargo tiene también aplicaciones en otros sectores con aplicaciones médicas, o bélicas. Este tipo de energía se puede obtener mediante fusión nuclear y fisión nuclear. La primera, libera energía cuando se combinan átomos, proceso por el cual el Sol produce su energía. Este proceso está en desarrollo pero no es aplicable todavía. La fisión nuclear, implica la separación de átomos en fracciones pequeñas, esta separación libera energía, la cual se aprovecha en la generación de electricidad por parte de las centrales nucleares. Ambas reacciones siguen la ecuación planteada por Einstein de masa y energía (SGM, 2017).

Ecuador ha dejado relegada la idea de invertir en una planta nuclear para la generación de energía. Sin embargo cuenta con una entidad que regula el uso pacífico de radiaciones ionizantes en el país. Esta entidad se denomina Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), funciona bajo el control del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), y sirve además, como un enlace entre el estado ecuatoriano y el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA), que es el principal foro a nivel mundial de cooperación científica y técnica en uso pacífico de la tecnología nuclear (MEER, 2017; IAEA, 2017).

La IAEA, plantea criterios generales para el emplazamiento de una planta nuclear, considerando varios parámetros que buscan características que puedan afectar la seguridad de la instalación. Además, plantea la investigación de la posible afectación que se pueda generar al entorno natural en el que se va a ubicar la planta nuclear, así como un control durante toda la vida útil de la instalación. También se establece la evaluación de sucesos externos naturales e imputables al hombre, así como la posible ocurrencia de ambos. De estos factores se busca llegar al establecimiento de un nivel de riesgo base de diseño para la planta y sus instalaciones. Se analiza de igual manera, la evolución de factores naturales y artificiales que puedan afectar de alguna forma la estructura o el funcionamiento (IAEA, 2017)

En el presente documento consideramos los factores geológicos, la estabilidad del terreno en caso un posible terremoto, la capacidad de refrigeración es una variable destacada en cuanto a la ubicación espacial de la planta nuclear, la accesibilidad tanto vial como de líneas de transporte eléctrico que evacuan la energía producida. La ubicación de la planta nuclear es analizada debido a la probabilidad de que ocurran accidentes que afectan negativamente a las personas y el medio ambiente. Para reducir al mínimo la probabilidad de un accidente, la IAEA ayuda a aplicar normas de seguridad internacionales para fortalecer la seguridad de las centrales nucleares. (IAEA, 2017)

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo del presente artículo fue analizar la ubicación tentativa para una planta nuclear en el Ecuador continental bajo los criterios establecidos por la IAEA.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente artículo fue realizado con investigación bibliográfica minuciosa, así como la recopilación de información geográfica de fuentes oficiales, como son el Instituto Geográfico Militar, el Instituto Espacial Ecuatoriano y del proyecto SIGTIERRAS, como parte de los parámetros que considera la IAEA para el emplazamiento de plantas nucleares, así como la metodología empleada el trabajo realizado por Sánchez & Onrubia (2014), de donde se tomaron en cuenta los valores establecidos para los buffers correspondientes a cada elemento, acción que se realizó en el software ArcGIS 10.0. A continuación, se explica el procedimiento llevado a cabo en la figura 1.

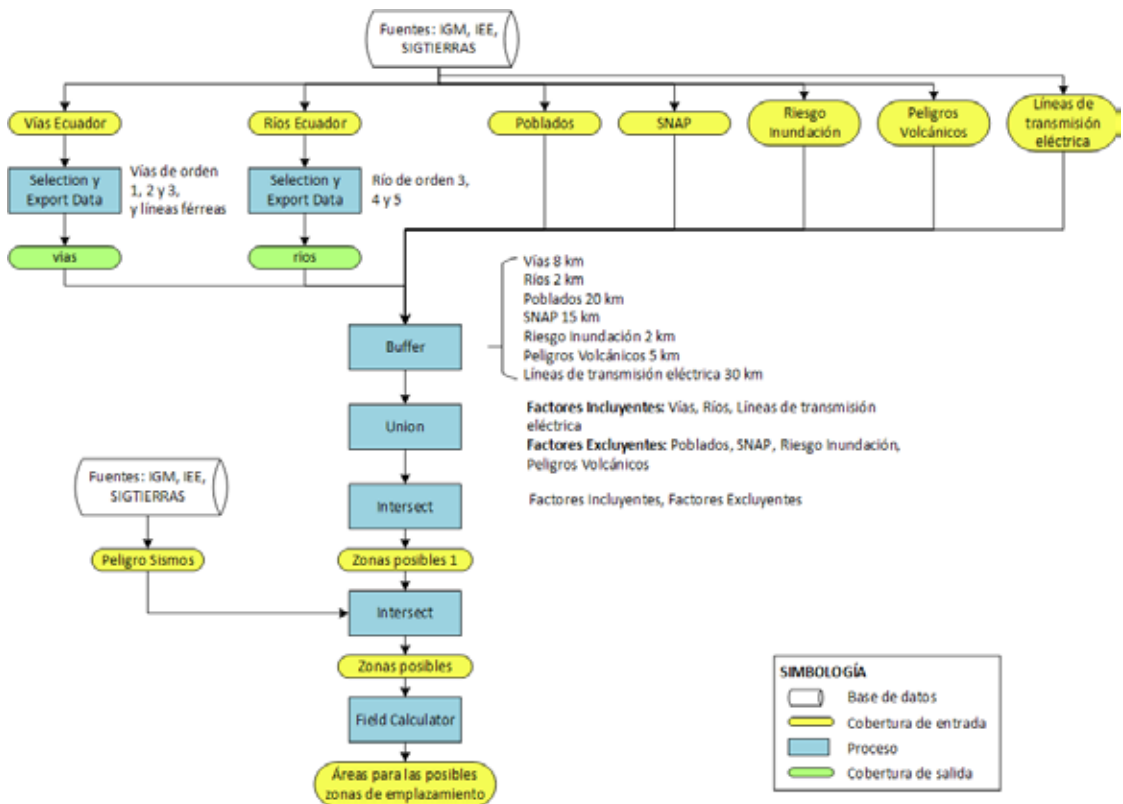


Figura 1. Modelo cartográfico para la obtención de las áreas tentativas de emplazamiento.

## RESULTADOS

A continuación, se presentan en las figuras 2 a la 12, los productos obtenidos para cada parámetro considerado en la metodología propuesta, y al final el análisis correspondiente a la determinación del lugar propicio en función de la superficie de cada zona determinada.



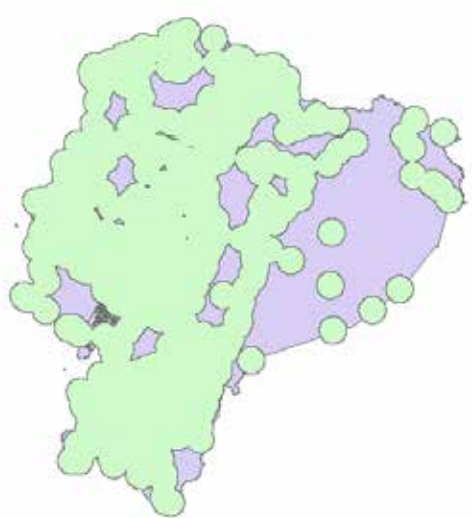
**Figura 2.** Cercanía (2 km) a ríos de tercer, cuarto y quinto orden.



**Figura 3.** Cercanía (8 km) a vías de primer, segundo y tercer orden.



**Figura 4.** Distancia (15 km) hacia áreas del SNAP.



**Figura 5.** Distancia (20 km) hacia poblaciones.



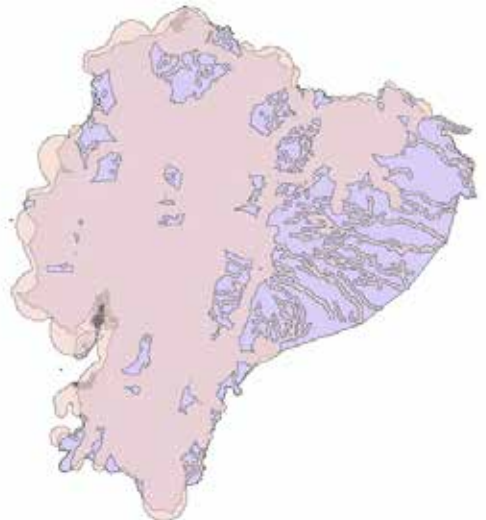
**Figura 6.** Cercanía (30 km) a las líneas de transmisión eléctrica.



**Figura 7.** Distancia (5 km) a zonas con afectaciones directas de peligros volcánicos (lahares y mayor incidencia de ceniza).



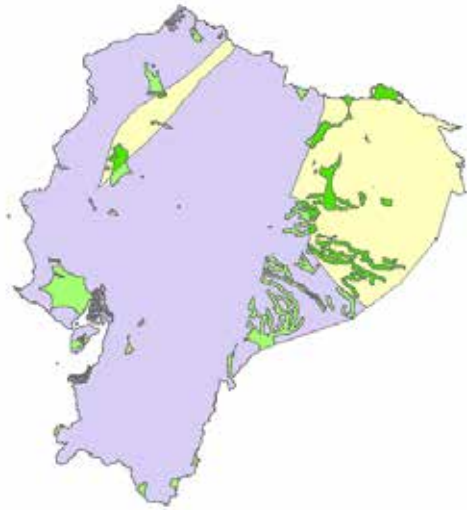
**Figura 8.** Distancia (2 km) a zonas de posibles inundaciones.



**Figura 9.** Zonas incluyentes para la ubicación de una planta nuclear (sin considerar riesgos sísmicos).



**Figura 10.** Zonas excluyentes para el emplazamiento de una planta nuclear (sin considerar riesgos sísmicos).



**Figura 11.** Zonas de posible ubicación considerando el factor de riesgos sísmicos (consideradas zonas de sismicidad muy baja).



**Figura 12.** Zonas a analizar con respecto al área mayor, definidas por facilidad de acceso (mayor densidad de vías).

La tabla 1, a continuación, contiene el perímetro y el área para cada zona para el posible emplazamiento de una planta nuclear, obtenidas del análisis espacial realizado.

**Tabla 1.** Áreas de los polígonos correspondientes a las zonas de posible emplazamiento.

| Polígono | Perímetro [km] | Área [km <sup>2</sup> ] |
|----------|----------------|-------------------------|
| 1        | 20.106         | 13.164                  |
| 2        | 32.482         | 46.465                  |
| 3        | 25.208         | 28.876                  |
| 4        | 14.517         | 4.596                   |
| 5        | 149.504        | 595.782                 |
| 6        | 17.695         | 23.144                  |

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La energía nuclear o energía atómica es la energía que se libera espontánea o artificialmente en las reacciones nucleares, considerada dentro de las fuentes de energía alternativa limpias, su aprovechamiento tiene fines como obtención de energía eléctrica, térmica y mecánica a partir de reacciones atómicas, y su aplicación sea con fines pacíficos o bélicos.

La implementación de herramientas de análisis espacial dentro del SIG nos permite obtener un estudio preliminar de zonas posibles o viables para la construcción de una planta nuclear, considerando factores geotécnicos, accesibilidad, SNAP, inundaciones, peligros volcánicos, población y líneas de transmisión eléctrica.

El área obtenida por el análisis multicriterio, se encuentra en su totalidad en la provincia de Manabí, en los cantones El Carmen, Flavio Alfaro, Chone y Pichincha, y tiene un área aproximadamente 5 veces mayor a la segunda zona para el posible emplazamiento.

Se recomienda realizar un estudio más profundo que considere aspectos de topografía en el terreno, y la verificación en campo de las zonas obtenidas por el análisis multicriterio, así como la revisión de las distancias para los buffers establecidos, realizado por un equipo multidisciplinario que provea un mayor sustento a dichos valores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Geográfico Militar IGM. (2013). Geoportal. Capas de información geográfica básica del IGM de libre acceso 1:50000. Recuperado el 20 de febrero de 2018, de: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>
- Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). (2017). Programas y Servicios. Líneas de Investigación. Recuperado el 20 de febrero de 2018, de: <http://www.iner.gob.ec/lineas-de-investigacion/>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2017). El OIEA en Síntesis: Átomos para la paz y el desarrollo. Recuperado el 20 de febrero de 2018, de: <https://www.iaea.org/es>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2017). Evaluación del emplazamiento de instalaciones nucleares. Requisitos de Seguridad. Colección de normas de seguridad del OIEA N° NS-R-3 (Rev. 1), Viena. Recuperado el 20 de febrero de 2018, de: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/16-22563\\_PUB1709\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/16-22563_PUB1709_web.pdf)
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER). (2017). Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares. Recuperado el 20 de febrero de 2018, de: <http://www.energia.gob.ec/subsecretaria-de-control-y-aplicaciones-nucleares/>
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2017). Aplicaciones de la Geología. Energía Nuclear. Recuperado el 20 de febrero de 2018, de: [https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones\\_geologicas/Energia-nuclear.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Energia-nuclear.html)