

CONTENIDOS

Ámbito Nacional

Evaluación del potencial geotérmico de Cuba

Globales

Alianza internacional para quintuplicar la Geotérmica

Mapa de todos los proyectos de energía renovable en el estado de California

Nuevo informe sobre el estado de la energía geotérmica de la comisión de la UE

La Propuesta del Mes

Datos satelitales AsterL1B aplicados a la geotermia en Cuba

Eventos

EDITORIAL

Estimado lector:

El boletín renovable.cu tiene el placer de dedicar esta edición a la energía geotérmica.

La geotérmica es la energía generada y almacenada en el interior de la tierra. El proceso de formación original del planeta y la descomposición radiactiva de los materiales en su interior generan altas temperaturas, las cuales van aumentando hacia el núcleo del globo terráqueo. Este aumento gradual se denomina gradiente geotérmico y se estima que tiene un promedio a nivel del planeta de 25°C por kilómetro de profundidad.

En el 2014 la capacidad del uso de la energía geotérmica para generar electricidad creció 5.7 % alcanzando 12.6 GW. La mayor capacidad la tiene Estados Unidos con 3.5 GW, seguido de Filipinas (1.9 GW), Indonesia (1.4 GW) y Nueva Zelanda (1.0 GW).

En Cuba, dadas sus características geológicas y tectónicas, así como su posición geográfica en el planeta, las posibilidades de generar electricidad con energía geotérmica son pocas. De los estudios realizados por el Servicio Geológico de Cuba (IGP), se han detectado zonas con anomalías geotérmicas, pero sus valores no son lo suficientemente altos como para generar electricidad. Estas investigaciones deben continuar hasta confirmar la no existencia de zonas anómalas explotables, así como la caracterización de estas para otros usos (turísticos, medicinales, industriales, entre otros), contribuyendo así al desarrollo de nuestra economía.

Dr.C. Enrique A. Castellanos Abella, director de Geología del Ministerio de Energía y Minas



IMPOR TANT E
La información que se publica en el boletín no es responsabilidad de la editorial CUBAENERGIA.

REDACCIÓN renovable.cu

CUBAENERGÍA, Calle 20No 4111e/18ª y47, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, CUBA. **Teléfono:** 72062064. **www.cubaenergia.cu/ Consejo Editorial:** Lic. Manuel Álvarez González/ Ing. Anaely Saunders Vázquez. **Redactor Técnico:** Ing. Antonio Valdés Delgado. **Edición:** Lic. Dulce María Medina García **Compilación:** Grupo de Gestión de Información. **Maquetación:** Ing. Irayda Oviedo Rivero **Diseño:** D.i. Miguel Olano Valiente. **Traducción:** Lic. Odalys González Solazabal. **RNPS 2261**

Ámbito Nacional

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO DE CUBA

1/1/2016

Grupo Yacimientos minerales. Instituto de Geología y Paleontología-Servicio Geológico de Cuba

El Instituto de Geología y Paleontología-Servicio Geológico de Cuba (IGP-SGC) ejecutó un proyecto de investigación sobre Evaluación del potencial Geotérmico de Cuba (año 2012), el cual surgió por la necesidad de buscar fuentes alternativas de energía para la generación eléctrica y otros usos, tomando en consideración el conocimiento existente sobre anomalías de aguas termales localizadas en el territorio nacional. El objetivo central del proyecto fue definir la existencia o no de anomalías geotérmicas en el territorio nacional y establecer la distribución espacial de estas, así como reunir todos los datos de interés geotérmico que pudieran existir dispersos como resultado de trabajos pretéritos realizados para geotermia u otros fines. Para ello se emplearon las siguientes fuentes de datos:

- BD de pozos de petróleo
- BD de manifestaciones y depósitos de aguas
- Datos sísmológicos
- Mapas tectónicos
- Imágenes satelitales ASTER L1B

Entre los principales resultados se tienen los siguientes:

-Para el territorio cubano extendido desde el municipio Mantua (provincia de Pinar del Río) hasta el límite provincial entre Ciego de Ávila y Camagüey, el gradiente geotérmico presenta un valor medio de 1.86 °C/100 m, lo cual representa solo el 62 % del valor normal del gradiente geotérmico de la corteza terrestre (3 °C), confirmándose lo establecido en este sentido por los estudios anteriores.

-Se identificaron y delimitaron 194 sectores térmicamente anómalos, de los cuales 111 se encuentran en las 5 provincias orientales de Cuba. Entre ellos se destacan 22 áreas (compuesta por uno o varios sectores cercanos entre sí) de mayor interés. Nueve de estas áreas son recomendadas para ulteriores trabajos de reconocimiento, por ser las que combinan mejor perspectiva con grado de estudio hidrogeológico pretérito. Entre las áreas delimitadas mediante la información aportada por los pozos de petróleo, tres son de gran interés, pero su estudio está condicionado por la posibilidad de poder utilizar los pozos ya perforados para exploración y extracción de petróleo, para la ejecución de investigaciones geotérmicas detalladas y en la posible explotación de los recursos geotérmicos.

-Se estableció de modo orientativo que alrededor de la mitad del territorio de la provincia Pinar del Río es favorable para utilizar en climatización la energía geotérmica de muy baja entalpía mediante el uso de sistemas de geointercambio térmico.

Globales

ALIANZA INTERNACIONAL PARA QUINTUPLICAR LA GEOTÉRMICA

1/1/2016

<http://www.energias-renovables.com/>

Con el apoyo de Irena, la Agencia Internacional de Energías Renovables, una coalición de 38 países y más de 20 socios industriales han unido fuerzas para multiplicar en todo el mundo la capacidad de disfrutar de la energía limpia proveniente del subsuelo. Este es el objetivo que se ha fijado en el marco de la COP21, la recién creada Global Geothermal Alliance (Alianza Geotérmica Mundial).

Cada vez son más los países que hacen esfuerzos para garantizar que se explota de la mejor manera el gran potencial geotérmico disponible. Pero, desafortunadamente, el efecto de esta labor en los países en desarrollo todavía es lento, afirma la Alianza. De hecho, esta tecnología crece a un ritmo muy moderado, en torno al 3.4 % anual. Las razones de este retraso se encuentran en las dificultades y los riesgos relacionados con la perforación geológica en la fase de exploración y en los costos de la tecnología.

La Alianza —una iniciativa facilitada por la Agencia Internacional de Energías Renovables, Irena— trabajará para mejorar esta situación y aumentar la cuota de energía geotérmica, tanto para generación eléctrica como para climatización. En concreto, plantea un incremento del 500 % para generación de electricidad y de un 200 % en el caso de la climatización.

Para ello, el consorcio ayudará a crear las condiciones reglamentarias que favorezcan y faciliten la inversión privada en el sector, y a identificar los mejores modelos a fin de reducir los riesgos derivados de la energía geotérmica. Asimismo, impulsará el conocimiento de esta fuente de energía y buscará darle mayor protagonismo.

Actualmente, la capacidad instalada en geotérmica es de 12 GW en todo el mundo. El objetivo de la Alianza es llegar a los 60 GW en 2030. De acuerdo con la Alianza, alrededor de 90 países disponen de potencial adecuado para contribuir a que se alcance esta meta.



MAPA DE TODOS LOS PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL ESTADO DE CALIFORNIA

1/6/2016

<http://es.euronews.com/>

La Comisión de Energía de California ha publicado un gran mapa de todos los proyectos de energía renovable en el estado de California, EE.UU., incluyendo proyectos geotérmicos con una capacidad de generación de energía total estimada de 355 MW.

El mapa muestra la ubicación aproximada de proyectos de generación renovable de 1 MW de potencia o superior en California, proporcionando una excelente visión de conjunto de aquellos proyectos que se encuentran en desarrollo o en diversas etapas de la construcción. El mapa también incluye las redes de transmisión eléctrica de 110 kW o mayor capacidad.

La web de la comisión también ofrece archivos para descargar de Google Earth. Según el mapa, alrededor de 355 MW de proyectos geotérmicos están perspectivas o en desarrollo.



NUEVO INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA DE LA COMISIÓN DE LA UE

1/1/2016

<http://piensageotermia.com/>

La Comisión Europea ha publicado un nuevo informe del Centro Común de Investigación sobre el estado de la energía geotérmica 2015, en el que se identifican cuáles son las necesidades de investigación, cómo está el mercado, su evolución y las perspectivas futuras para la geotermia en la UE.

El informe es una actualización del que se publicó en 2014 presentado por el Instituto del Centro Común de Investigación de Energía y Transportes. "Si bien el informe de 2014 dio una visión general del sector de la energía geotérmica en la UE, incluyendo descripciones sobre la tecnología empleada, esta segunda versión se centra más en la identificación de las necesidades de la investigación, así como el estado del mercado, la evolución y las perspectivas. Por último, un capítulo especial ofrece los sistemas EGS.

Presenta además, el estado actual de las principales tecnologías de energía geotérmica que van desde sistemas de bombas de calor geotérmicas a instalaciones de uso directo en plantas de energía con geotermia. La producción de energía a partir de recursos hidrotermales, donde la permeabilidad natural coincide con los lechos de piedra caliente es una tecnología madura, al igual que con los sistemas de uso directo y con bombas de calor geotérmicas.

Actualmente, la energía geotérmica proporciona 0.2 % de la demanda eléctrica final de la UE. Además, alrededor de 36 000 GWh de calor son producidos por los sistemas de uso directo y bombas de calor geotérmicas.

Con el fin de ampliar el potencial para la producción de energía, el enfoque debe facilitar el despliegue de los sistemas geotérmicos. Un capítulo especial en la edición de este año ofrece una visión general de los proyectos de sistemas geotérmicos, ingeniería pasados y actuales en todo el mundo e identifica las barreras existentes, a fin de permitir un mayor despliegue de esta tecnología renovable.

Los avances en este campo deben progresar junto al desarrollo de las tecnologías de perforación más baratas y asequibles que ayuden a reducir los riesgos inherentes a este sector. Por último, existe una necesidad de promover el conocimiento sobre la geotermia con el ciudadano medio.

Eventos



XII TALLER INTERNACIONAL CUBASOLAR 2016

Fecha: 16/5/2016- 20/5/2016

Lugar: Hotel Gurdalavaca, Holguín, Cuba

<http://www.cubasolar.cu/Eventos/cubasolar2016.htm>

Por un desarrollo socioeconómico energéticamente sostenible

La Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (Cubasolar), le invita a participar en la duodécima edición del Taller Internacional Cubasolar 2016, que se celebrará en el hotel Club Amigo Atlántico Guardalavaca en la provincia de Holguín, Cuba, del 16 al 20 de mayo de 2016.

El propósito del evento es continuar impulsando la construcción consciente de un sistema energético sostenible basado en las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental, propiciar y promover el diálogo e intercambio de experiencias y prácticas entre especialistas y personas interesadas en esos temas, contribuir a la cooperación, la creación de capacidades y la transferencia de conocimientos y tecnologías, jerarquizando las posibles interacciones con los países latinoamericanos y caribeños.

Temas centrales del evento

- La soberanía alimentaria y las fuentes renovables de energía.
- El abasto de agua y las fuentes renovables de energía.
- Importancia de la cooperación Sur-Sur y Sur-Norte-Sur.
- Soberanía energética, medio ambiente y desarrollo local sostenible.
- Educación, cultura e información energéticas para la sostenibilidad.

El taller se desarrollará en plenario mediante conferencias magistrales y seminarios-panes. Su contenido esencial será el desarrollo paralelo del curso (opcional e interactivo) sobre la educación energética y ambiental. El curso se ofrece sin costo adicional; se acredita en esta ocasión en coordinación con la Universidad de Holguín y se estructura a partir de diferentes formas organizativas que se integran como parte del programa del evento: conferencias magistrales, conferencias interactivas, seminarios debate y visitas de campo, favoreciendo la amplia participación y el intercambio sobre las temáticas y el conocimiento de la experiencia cubana en el actual contexto de desarrollo social y económico del país.

Contacto: Presidente: Lic. Eliseo Gavilán Sáez

Teléfono: (53 7) 2062061 y (53 7) 2040010

Móvil: (53 5) 2731750

Correo electrónico: cubasolar2016@cubasolar.cu; <http://www.cubasolar.cu>



INTERNATIONAL GEOTHERMAL SHOWCASE GEA

Fecha: 17/3/2016

Lugar: Ronald Reagan International Trade Center. Washington, DC

<http://piensageotermia.com/>

¿Qué es necesario para que un proyecto geotérmico salga adelante?

La Asociación de Energía Geotérmica de Estados Unidos (*Geothermal Energy Association-GEA*) llevará a cabo un evento el 17 de marzo, el International Geothermal Showcase 2016, en el Ronald Reagan International Trade Center en Washington, DC. El programa se centrará en las bases necesarias para el desarrollo de proyectos geotérmicos exitosos y poner de relieve los principales proyectos geotérmicos, tendencias y políticas gubernamentales en los EE.UU. y en mercados internacionales.

La GEA aprovecha para agradecer a los organismos por el apoyo al evento (el Departamento de Estado de EE.UU., el Departamento de Energía Geotérmica del DOE, la Agencia de Comercio y Desarrollo, la Asociación de Energía de los Estados Unidos, el Banco Interamericano de Desarrollo, el *Overseas Private Investment Corporation*, y el Banco Mundial) al patrocinador "Oro" (*Power Engineers*) y al patrocinador del *Workshop Flash Drive (Geothermal Resource Group)* por su ayuda.

Para más información sobre próximos eventos GEA y oportunidades de patrocinio, visite www.geo-energy.org/events o póngase en contacto rani@geo-energy.org



GEOTHERM - EXPO & CONGRESS

Fecha: 25-26/2/2016

Lugar: Germany

<http://www.geotherm-germany.com/>

El décimo GeoTHERM se llevará a cabo los días 25-26 de febrero de 2016. Desde hace nueve años se ha convertido en el evento líder para la energía geotérmica en Europa con una combinación de feria y congreso.

ICELAND GEOTHERMAL CONFERENCE

Fecha: 26/2/2016- 29/4/2016

Lugar: Reykjavik, Islandia

<http://piensageotermia.com/>

La tercera Conferencia sobre Geotermia de Islandia (*Iceland Geothermal Conference*) se llevará a cabo del 26-29 de abril, 2016. Celebrada por primera vez en 2010 y teniendo lugar cada tres años, el evento hará de catalítico para el futuro Congreso Mundial de Geotermia de 2020 que tendrá también lugar en Reykjavik, Islandia.

El evento contará con tres corrientes principales de operabilidad, viabilidad y factibilidad. Como la última vez, estará apadrinado por el presidente de Islandia, el Sr. Ólafur Ragnar Grímsson.

Espera acoger a más de 600 participantes de todas partes del mundo y contará con conferencias, una feria comercial, varios elementos de *networking*, varios eventos paralelos y excursiones a lugares interesantes que muestran la importancia de la energía geotérmica en Islandia. Se llevará a cabo en la sala Harpa Concert de Islandia y el Palacio de Congresos en el centro de Reykjavik.

La *International Geothermal Association* celebrará la reunión de la Junta Ejecutiva, ESMAP (Banco Mundial) organizará una mesa redonda para el *III Global Geothermal Development Plan* (GGDP) en colaboración con el Ministerio de Asuntos Exteriores de Islandia y más eventos que se irán anunciando en cuanto se vaya acercando la fecha.

Las excursiones programadas hasta el momento incluyen visitas a la planta de energía geotérmica Hellisheidi, Hveragerdi, Reykjanes (con la planta Svartsengi, el spa Blue Lagoon y varias operaciones de uso directo), el centro de datos global de *Verne Global Data Centre* y un viaje opcional al lugar de construcción del proyecto geotérmico Theistareykir en el norte de Islandia.

La Propuesta del Mes

DATOS SATELITALES ASTER L1B APLICADOS A LA GEOTERMIA EN CUBA

González-Acosta, V.^{1*}, Torres-Zafra, J.L.¹, González-Rodríguez, E.M.²

¹Departamento de Yacimientos Minerales, Instituto de Geología y Paleontología-Servicio Geológico de Cuba. Calle Vía Blanca No. 1002 entre Río Luyanó y Prolongación de Calzada de Güines, Reparto Los Ángeles. San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba. CP 11000

²UCTB de Investigaciones Geofísicas. Centro de Investigaciones del Petróleo. Calle 23 No 105 / O y P, municipio Plaza de la Revolución. CP 12000. La Habana. Cuba

Tomado de: Revista de Teledetección, Asociación Española de Teledetección (2015) 44, 15-30

Resumen

Se seleccionaron y procesaron para fines geotérmicos 83 escenas de las bandas termales pertenecientes al canal térmico del sensor ASTER L1B, de los años 2000 a 2008, con un cubrimiento nuboso de casi un 50 %. Las coordenadas de los vértices de las imágenes, así como otros datos provenientes de sus metadatos, ayudaron al completamiento de la base de datos diseñada. Se preparó un mosaico preliminar a partir de las imágenes existentes en el país. Las nuevas imágenes, con valor de temperatura, fueron georreferenciadas según el sistema de coordenadas nacional Cuba Norte y se unificaron en otro mosaico para esa variable. Como resultado, se establecieron 11 clases, divididas aleatoriamente cada 3 °C, que ayudaron a delimitar las zonas anómalas donde la mayor distribución de píxeles oscila entre 25 °C-37 °C; la temperatura de la cobertura nubosa llegó hasta 20 °C aproximadamente. Sobre la imagen clasificada se definieron 69 polígonos, según su grado de perspectividad y con valor de temperatura superior a 40 °C, lo cual se corresponde con la baja entalpía (25 °C-100 °C) que es la de mayor probabilidad en el país. Las imágenes obtenidas fueron superpuestas sobre la del Google Earth, con el fin de discernir la relación entre la cobertura terrestre y su origen antropogénico. Finalmente, se obtuvo una estimación del valor de temperatura de la cobertura terrestre del territorio nacional, lo que permitió definir que la zona oriental es la más perspectiva. Este trabajo constituye una aplicación experimental de las imágenes satelitales ASTER L1B con fines geotérmicos.

Palabras clave: Cuba, ASTER L1B, Geotermia, imágenes satelitales

Introducción

El conocimiento de la geotermia en Cuba tiene su origen en la necesidad de buscar fuentes alternativas de energía para la generación eléctrica y otros usos, Zafra et al. (2012). La realización de este trabajo es en forma experimental como modo de aplicación del canal térmico infrarrojo de las imágenes satelitales ASTER L1B para tales fines.

Los primeros estudios se realizaron en la década de 1980 y estuvieron encaminados a las mediciones de temperatura de fondo de algunos pozos profundos en las regiones occidental y central del país.

La Geotermia es una disciplina científica que comprende el estudio del origen del calor interno de la tierra, las variaciones de temperatura dentro de la corteza y los fenómenos naturales que influyen sobre la distribución de los flujos geotérmicos, Manual de Geotermia (2008). Los progresos alcanzados en las últimas décadas relacionados con la investigación y el empleo de la energía geotérmica en muchas partes del mundo, hacen que los estudios enmarcados dentro de esta disciplina representen un camino fértil para la generación de un desarrollo sustentable, a través de la aplicación de una fuente de energía que, bien manejada, es altamente limpia y de carácter renovable, Zafra et al. (2012).

Antecedentes de las investigaciones geotérmicas en Cuba

Dentro del cuadro geotectónico mundial, Cuba se ubica en el extremo meridional de la placa norteamericana, cerca del contacto de esta con la placa Caribe. La parte suroriental del archipiélago cubano es la más cercana al mencionado límite geotectónico. El contacto entre ambas placas no constituye una zona de expansión o convergencia cortical, por su carácter transcurrente. Es por ello que este límite no presenta actividad volcánico-magmática, pero es activa desde el punto de vista tectónico, lo cual se expresa en su elevada sismicidad. Por ese motivo, cabe esperar a lo largo de este límite geotectónico la existencia de gradientes térmicos, así como de flujos de calor anómalos, generados por la transmisión

del calor liberado por la fricción tectónica. A partir de lo anterior, la región sur-oriental de Cuba, que además se caracteriza por presentar una corteza terrestre más delgada en relación con el resto del país, es la más perspectiva para la localización de recursos geotérmicos.

Los estudios sobre aguas termales y/o minero-medicinales realizados en Cuba son numerosos. En cambio, los que abordan directamente la temática de la energía geotérmica son casi inexistentes. Las únicas investigaciones previas en el país se enmarcan en la década antes mencionada, cuando se llevaron a cabo algunos trabajos ejecutados por la Academia de Ciencias de Cuba en colaboración con la Academia de Ciencias de Checoslovaquia. Consistieron en mediciones de temperatura de fondo de algunos pozos profundos en las regiones occidental y central de Cuba, Cermak et al. (1982). Sin embargo, el empleo de las imágenes satelitales no incluyó entonces tales propósitos. Como resultado de esos trabajos, se elaboraron los datos de pozos (de profundidad de 0 m hasta 5000 m) sobre la temperatura del fluido de capa (término usado por los geólogos petroleros para designar el agua subterránea asociada a los depósitos de petróleo y que regularmente se encuentra debajo del petróleo). Se llegó a la conclusión de que los valores del gradiente geotérmico en Cuba, inferiores a lo normal, varían de norte a sur, de 21.6 mW/m² a 25.1 mW/m². Además, se construyó un perfil térmico de la región estudiada: 500 m: 36 °C, 1000 m: 46 °C, 2000 m: 66 °C, 3000 m: 86 °C, 4000 m: 106 °C, 5000 m: 126 °C, Tenreiro et al. (1982).

Dado que el gradiente geotérmico normal en la parte superior de la corteza tiene un valor medio de 3 °C/100, lo cual genera un flujo de calor de 70 mW/m², los resultados señalados implican que el flujo térmico medido representa solo entre el 30.86 % al 35.86 % de su valor normal. Es importante destacar que en los trabajos previos ejecutados por Cermak et al. (1982), cuando los autores comentan sobre el gradiente geotérmico en Cuba, solamente se están refiriendo al existente en las regiones occidental y central del país, por ser únicamente en esas regiones donde se tomaron datos térmicos en pozos, como se detalla en el párrafo anterior, no existiendo dato de entonces para la zona oriental del país.

Posteriormente se realizaron las primeras mediciones de alta exactitud del gradiente térmico en condiciones de pozos estabilizados. El flujo calorífico en las áreas trabajadas, de acuerdo con los nuevos resultados (Cermak et al. 1984) es el siguiente:

- Matahambre (provincia de Pinar del Río), 35 mW/m² (50 % del flujo térmico endógeno normal).
- Boca de Jaruco (provincia de La Habana), 45 mW/m² (64.29 % del flujo térmico endógeno normal).
- Guásimas y Camarioca (al sur de Varadero, provincia de Matanzas), hasta 60 mW/m²-65 mW/m² (85.71 %-92.86 % del flujo térmico endógeno normal).
- La cuenca central se caracteriza por un flujo calorífico de alrededor de 55 mW/m² (78.57 % del flujo térmico endógeno normal), llegando a 65 mW/m²-80mW/m² (Catalina y Jatibonico), con 92.86 %-114.26 % del flujo térmico endógeno normal.

Todos estos valores, considerados por los autores citados son en general más altos que los obtenidos en el estudio anterior. Más recientemente, Fagundo (2011), estimó la temperatura y la profundidad de los acuíferos profundos del sistema hidrotermal San Diego de los Baños-Bermejales mediante el uso de los geotermómetros químicos Na-K-Ca-Mg y SiO₂ disuelto.

Los trabajos precedentes demostraron que el territorio cubano, al W de la falla Cauto-Nipe carece, a escala regional, de perspectivas para la geotermia de alta y media entalpía, lo cual no niega la existencia de anomalías térmicas locales en esa parte del país. En cuanto a la región sur-oriental de Cuba, sin datos sobre su gradiente geotérmico, la ausencia de magmatismo contemporáneo y de fuentes termales con temperaturas superiores a 45 °C permite considerar muy improbable el hallazgo de depósitos geotérmicos de alta entalpía. Por otra parte, los resultados avalan la favorabilidad regional del territorio cubano para el uso de la energía geotérmica de muy baja entalpía, teniendo en cuenta la diferencia térmica entre la temperatura del medioambiente atmosférico superficial y la temperatura del subsuelo, según la época del año y características geográficas y climáticas de la región.

Por otra parte, el empleo del sensor ASTER en el proceso de procesamiento e interpretación de sus imágenes satelitales para fines geotérmicos en el territorio nacional no se había empleado con anterioridad. Se tuvo en cuenta el mapa cosmo-fotogeológico de Cuba, Capote et al. (1989) como medio de tener una idea preliminar del territorio nacional a partir de la interpretación de materiales aéreos. La elección de las imágenes ASTER viene dada por las características de sus datos, ya que son aplicables a estudios de recursos naturales y las capacidades espectrales, radiométricas y geométricas del sensor fueron diseñadas para estudios geológicos más exhaustivos. Además, son adecuadas para estudios de amplia diversidad a una escala semidetallada de trabajo. Ejemplo de aplicación de imágenes ASTER son los mapas de temperatura y reflectividad, que emplean su amplio rango espectral.

<http://www.biesimci.org/Satelital/Original/Aster/indices/Asterindex.html> (UNODC)

ASTER (*Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) es un sensor satelital de imágenes ópticas de alta resolución geométrica y radiométrica, transportado por el satélite TERRA, puesto en órbita el 18 de diciembre de 1999. El Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) impulsó el desarrollo del proyecto ASTER, con el fin de obtener datos geológicos más detallados y estudiar fenómenos que pudieran producir un impacto ambiental a nivel global; por ejemplo, la actividad volcánica.

Tiene la capacidad de realizar mediciones multiespectrales en los rangos: visible infrarrojo cercano (VNIR) con 3 bandas entre 0.5 µm y 0.9 µm y 15 m de resolución espacial; infrarrojo de onda corta (SWIR) con 6 bandas entre 1.6 µm y 2.5 µm y 30 m de resolución; y en el infrarrojo térmico (TIR) con 5 bandas entre 8.125 µm y 11.65 µm y 90 m de resolución. Presenta un ancho de barrido (*swath*) de 60 km. (SEGEMAR,

<http://www.segemar.gov.ar/index.php/sensores-remotos/aster/conceptos-basicos>).

Las imágenes se tomaron entre las 15:00 y las 17:00 h. Se escogieron las que presentaban una menor cobertura nubosa a partir de un análisis visual, aunque en sentido general la mayoría tiene casi un 50 % de cobertura.

Materiales y métodos

Se seleccionaron y procesaron 83 escenas en total, de diferentes años, pertenecientes al nivel 1B (L1B) del canal térmico del sensor ASTER del territorio nacional. Se unificaron en una base de datos los datos provenientes del fichero de metadatos de cada una de las escenas empleadas y separadas por años, para un mejor manejo de estos. El diseño de la base de datos surge a partir del estudio previo de referencias internacionales, Asia Goethermal database (2010). Con la base de datos y a partir de un mosaico preparado previamente de toda la cobertura del territorio nacional de imágenes ASTER L1B (Figura 1), que sirvió de guía para seleccionar las escenas, se registraron sus vértices, donde se obtuvo un montaje final de las escenas utilizadas (Figura 2).

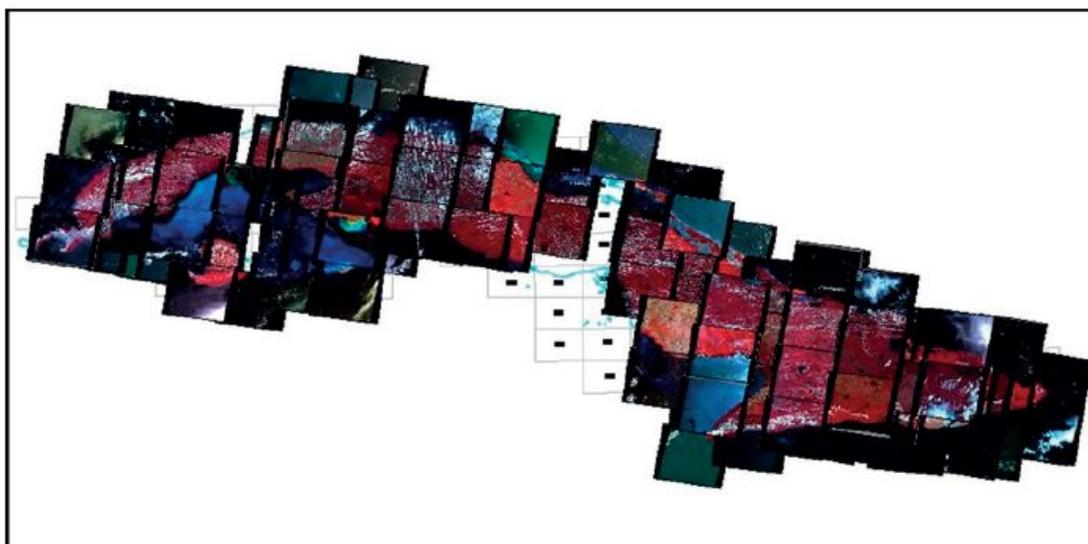


Figura 1. Mosaico de imágenes ASTER L1B existentes en el territorio nacional.

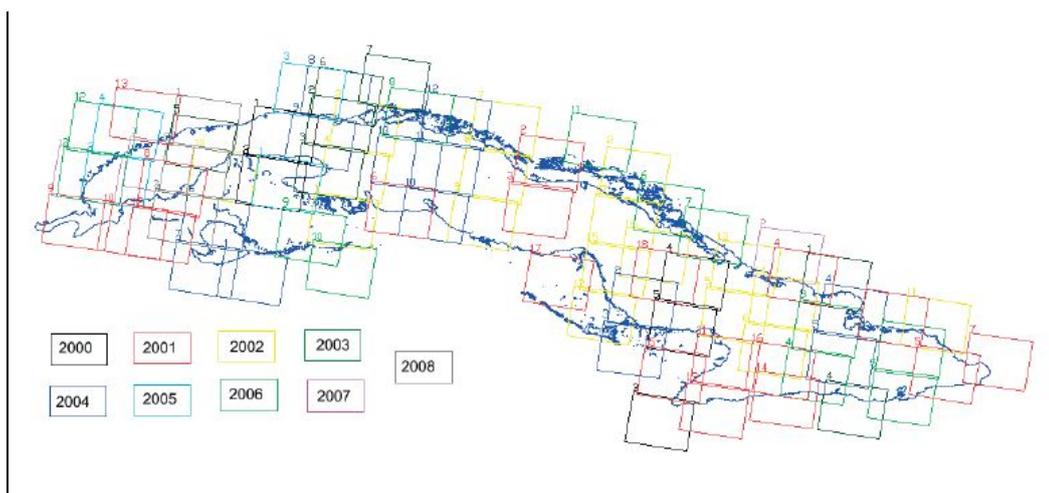


Figura 2. Montaje de los vértices de las escenas ASTER L1B empleadas.

Del procesamiento e interpretación de los datos se obtuvo un mosaico de imágenes con valor de temperatura para todo el territorio, que tuvo en cuenta un solapamiento de 10 píxeles y el valor 0 para el fondo (Figura 3). Del mosaico, que además muestra la cobertura nubosa existente en las imágenes, se definió que el valor de temperatura de la cobertura oscila hasta 20 °C aproximadamente.

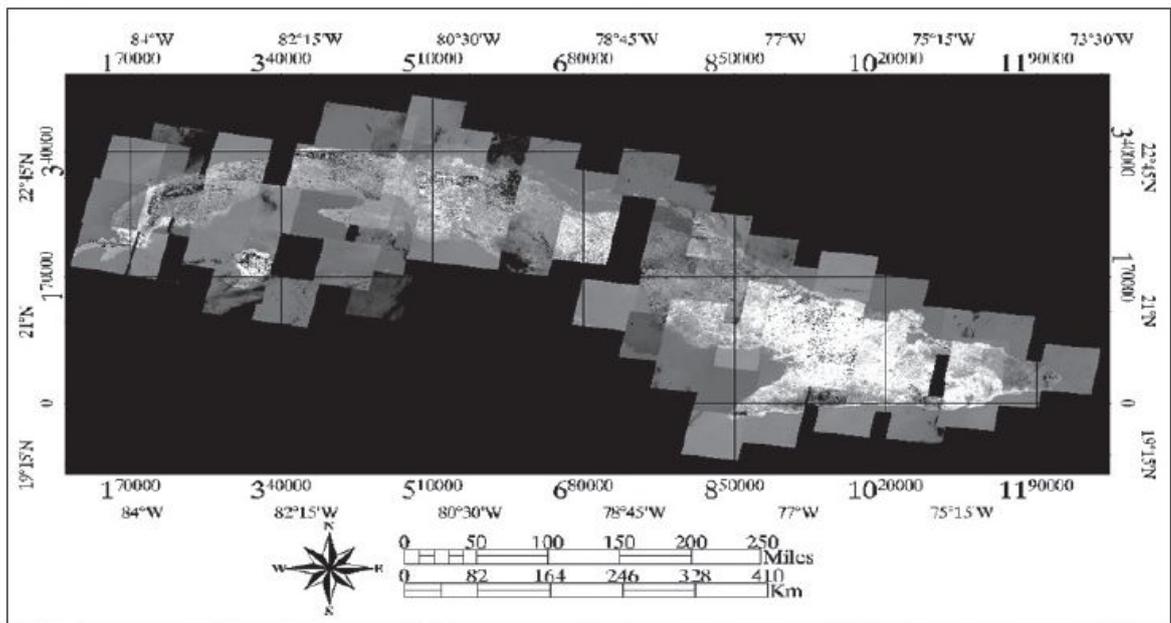


Figura 3. Mosaico de imágenes procesadas e interpretadas para el valor de temperatura, mostrando además la cobertura nubosa (color negro existentes a todo lo largo del territorio nacional). El color blanco más intenso se corresponde con el valor de temperatura más alta (zona oriental). El blanco menos intenso y los tonos de grises se corresponden con valores de temperaturas más bajas. El color negro de la figura se asocia a zona sin datos. Se observa una distribución desigual entre la parte occidental-centro y oriental.

Seguidamente se definieron 11 clases divididas aleatoriamente, cada 3 °C, lo que permitió la obtención de un mayor grado de detalle e información, así como la clasificación de la imagen. También se establecieron las posibles zonas anómalas teniendo en cuenta el valor de la temperatura. El histograma extraído de la imagen muestra que la mayor distribución de píxeles se corresponde con los valores de temperatura comprendidos entre 25 °C y 37 °C.

En la imagen resultante se identificaron a priori 179 anomalías térmicas superficiales en total, enmarcadas en forma de polígonos, que fueron delimitados por grado de perspectiva y según el valor de temperatura superior a 40 °C (Figura 4). Este umbral se establece teniendo en cuenta la existencia de suficientes usos posibles que justifican de manera económica la realización de investigaciones geotérmicas para el caso de Cuba, donde no existen arcos volcánicos activos y el grado de conocimiento geotérmico es mínimo. Esto guarda correspondencia con la baja entalpía (25 °C-100 °C) que es, de acuerdo con las condiciones del territorio nacional, la de mayor probabilidad de encontrar en Cuba desde el punto de vista geotérmico.

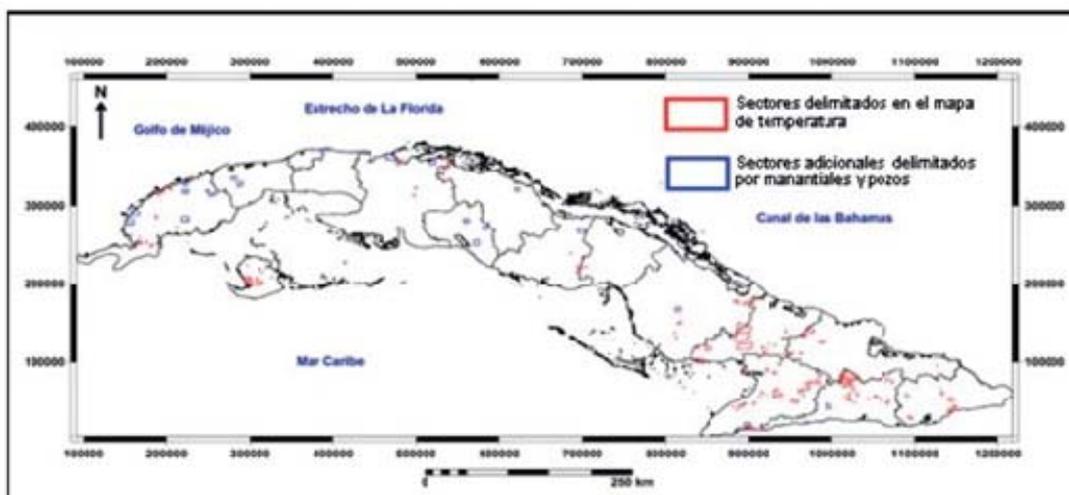


Figura 4. Mosaico clasificado por rango de valor de temperatura con los polígonos superpuestos.

Anomalías geotérmicas y sectores favorables

La creación de un mapa de interpretación compleja, resultante de la superposición de las 169 anomalías térmicas identificadas a priori, sobre la combinación de otras evidencias, permitió caracterizar mejor su perspectiva e identificar sectores favorables adicionales. Para completar esta parte del estudio se utilizaron ulteriormente los mapas derivados del procesamiento de la información térmica aportada por los pozos de petróleo. Así, a partir de la información térmica de manantiales y de pozos hidrogeológicos, se identificaron un total de 20 sectores perspectivas adicionales. Al considerar la información brindada por los pozos de petróleo, se delimitaron otros 5 sectores, para un total general de 194 sectores perspectivas distribuidos por todo el país (a verificación futura) (Figura 5).

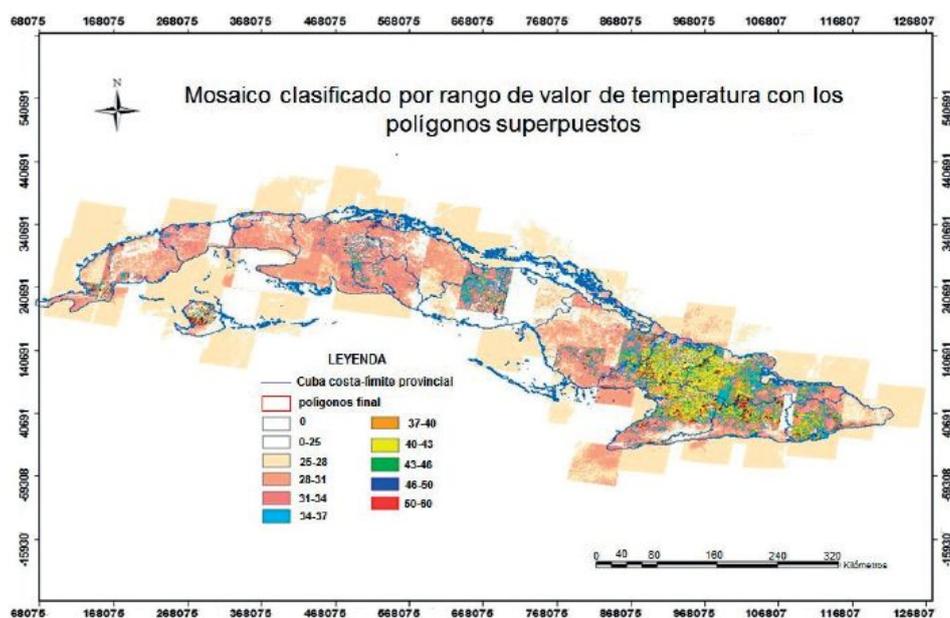


Figura 5. Mapa de sectores térmicamente anómalos de Cuba escala 1:3 500 000.

Una mirada general al mapa mosaico clasificado de temperatura superficial de Cuba obtenido, muestra la existencia de un desnivel térmico general si se compara el territorio extendido desde la provincia Las Tunas hacia el W con el resto del territorio situado a ESE de esta provincia. Para validar este hecho, se trazó un perfil térmico longitudinal de Cuba, extendido desde la Bahía de Guadiana (municipio Sandino, Pinar del Río) hasta Baitiquirí (municipio San Antonio del Sur, Guantánamo), con una longitud total de 1048.95 km (Figura 12). A este perfil se le realizó la estadística descriptiva (Tabla 8) que permitió dividir los datos térmicos en dos grupos: el primero, extendido desde el km 0 (Bahía de Guadiana) hasta el km 730 (al W y cerca de la ciudad de Camagüey). El segundo grupo de datos corresponde a la parte del perfil extendida más hacia ESE, hasta su final.

Conclusiones

El empleo de los datos satelitales ASTER L1B de forma experimental y para fines geotérmicos permitió obtener una estimación superficial de la temperatura según el procedimiento aplicado, que en conjunto con el resto de la metodología de procesamiento para las imágenes térmicas, arrojó como resultado una aproximación del comportamiento de esta para el territorio nacional.

De acuerdo con los procedimientos empleados se constata que la zona oriental es la más perspectiva para fines geotérmicos, ya que es donde existe una mayor frecuencia de distribución de píxeles con los mayores valores de temperatura (superiores a 40 °C), lo cual corrobora los resultados obtenidos en los trabajos realizados en la década de 1980 y permite definir que la energía con mayor probabilidad que se puede encontrar en el territorio cubano es la de baja entalpía (25-100 °C).

La distribución temporal de las mediciones térmicas superficiales y subsuperficiales a lo largo de varios años, así como la ausencia de una metodología uniforme de medición y otras condicionantes, como la carencia de registros térmicos que permitan conocer la distribución vertical de las temperaturas en los pozos (sean o no de petróleo), la frecuente asignación de las mediciones conocidas en ellos a intervalos muy grandes, y el alto nivel de cobertura nubosa de las imágenes ASTER L1B empleadas, son factores a tener en cuenta en la utilización práctica de la información térmica existente en la actualidad.

Bibliografía

1. ASTER TIR Recalibration <http://tonolab.cis.ibaraki.ac.jp/ASTER/RECAL/index.html> [Último acceso: 7 de junio de 2012].
2. Campos, A. 1987. Mapas de insolación media de Cuba a escala 1:2000000. Atlas Climático de Cuba. La Habana: Instituto de Meteorología e Instituto Cubano Geodesia y Cartografía.
3. Capote, C., Arseniev, Y.M., Kalachov, S.N., Strazhevich, V.P. 1989. Mapa cosmo-fotogeológico de Cuba a escala 1:500000. I Congreso Cubano de Geología. Resúmenes La Habana.
4. Cermak, V., Kresl, M., Safanda, J., Nápoles-Pruna, M., Tenreyro-Pérez, R., Valdés, J., Torres-Paz, L.M. 1984. First Heat flow density assessments in Cuba. *Tectonophysics*, 103, 283-296.
5. Cermak, V., Kresl, M., Nápoles, M., Tenreyro, R., Valdés, J., Torres, L. 1982. Mediciones profundas de temperatura en Cuba occidental y central. *Serie geológica*, 2, 93-109.

6. Fagundo, J.R., 2011. Recursos Geotérmicos. Usos actuales y perspectivas. Comunicación escrita.
7. Gillespie, A.R., Matsunaga, T., Rokugawa, S., Hook, S.J. 1998. Temperature and emissivity separation from Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 36, 1113-1125. <http://dx.doi.org/10.1109/36.700995>
8. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) e Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 2008. Manual de geotermia. Madrid. www.idae.es
9. Iturralde-Vinent, M.A. (ed). 2012. Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. Segunda Edición. DVD-ROM. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba.
10. Lapinell, B., Echevarría, S. 1987. Mapas de temperatura media de Cuba a escala 1:2000000. Atlas climático de Cuba. La Habana: Instituto de Meteorología e Instituto Cubano Geodesia y Cartografía.
11. SEGEMAR. 2015. Datos ASTER Conceptos básicos. SEGEMAR Servicio Geológico Minero Argentino, de <http://www.segemar.gov.ar/index.php/sensores-remotos/aster/conceptos-basicos>
12. Tenreiro, R., Barcelo, G., Napoles, M., 1987. Mediciones de temperatura de fondo de pozos de petróleo. Generalización. Bol. Técnico MINBAS Petróleo, 1, 20-26.
13. UNODC, Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. 2015, Imágenes originales ASTER, de <http://www.biesimci.org/Satelital/Original/Aster/indices/Asterindex.html>
14. Zafra, T.J.L., González, A.V., González, R.E.M., et al. 2012. Evaluación del potencial geotérmico de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Inédito.

Nota: Si desea obtener acceso al texto completo o intercambiar con los autores, puede hacerlo a través del correo: virginia@igp.minem.cu



renovable.cu:
PRÓXIMA EDICIÓN DEDICADA A LA HIDROENERGÍA

Cualquier sugerencia o comentario escribir a: renovablecu@cubaenergia.cu

Inicio