

Expo 9: Inclusión de nuevo talento Humano al desarrollo de la geotermia

Claudia Alfaro¹

¹Servicio Geológico Colombiano

RESUMEN

La utilización de las energías renovables es un tema de interés y promoción en todo el mundo. Colombia no se sustrae de esta tendencia y tiene proyectada una transformación energética fortaleciendo las fuentes no convencionales. Para la geotermia se prevé, a mediano plazo, la definición del marco regulatorio, realizar estudios sobre el desarrollo integral y estrategias de política alrededor del aprovechamiento geotérmico y la continuidad en la exploración y caracterización de este recurso.

Además del aporte de la geotermia a la diversificación de la canasta energética, su desarrollo trae implícito un aporte significativo a la generación de empleo.

Nuestro reto como colombianos es prepararnos para generar el conocimiento que sirva como fundamento suficiente para la materialización de proyectos de aprovechamiento.

Este documento resume los resultados de un ejercicio preliminar de identificación de los talentos necesarios para investigar y caracterizar nuestros recursos geotérmicos. Además de diversificar y profundizar en estudios en geociencias, estamos abocados a generar un cambio en la estructura de pensamiento de los geocientíficos, a implementar metodologías cuantitativas para el planteamiento de modelos conceptuales, a ajustar el perfil de los perforadores de la industria del petróleo, a motivar la participación de diferentes ramas de la ingeniería para generar modelos numéricos que caractericen el estado inicial de los reservorio que puedan utilizarse como línea base para el seguimiento a su explotación y a implementar metodologías para la estimación del flujo de calor terrestre.

OBJETIVOS

- ✓ Hacer un primer planteamiento de las necesidades de nuevos talentos (y perfiles profesionales) para la investigación y exploración geotérmica del territorio colombiano.
- ✓ Motivar una acción de la comunidad geotérmica colombiana, para promover en las universidades el desarrollo de los talentos requeridos, a través de ajustes a los

programas curriculares e integración de líneas de investigación en las carreras de geociencias e ingenierías.

El documento está limitado a temas técnicos de la exploración y no incluye otros temas fundamentales para el desarrollo de la geotermia, como aspectos legales, financieros y de mercado, ambientales y sociales, todos ellos esenciales para garantizar la posibilidad de desarrollar la geotermia. Otros talentos requeridos para temas relacionados con la utilización de los recursos geotérmicos en usos directos industriales de la energía térmica, el termalismo y la extracción de minerales, tampoco son incluidos en este ejercicio.

Justificación

La geotermia es una de las fuentes no convencionales renovables con grandes ventajas ambientales por lo cual su utilización se ha incrementado en el mundo de manera significativa¹ (Figura 1). La tendencia mundial con relación a la utilización de fuentes geotérmicas es la integración de fuentes no convencionales.

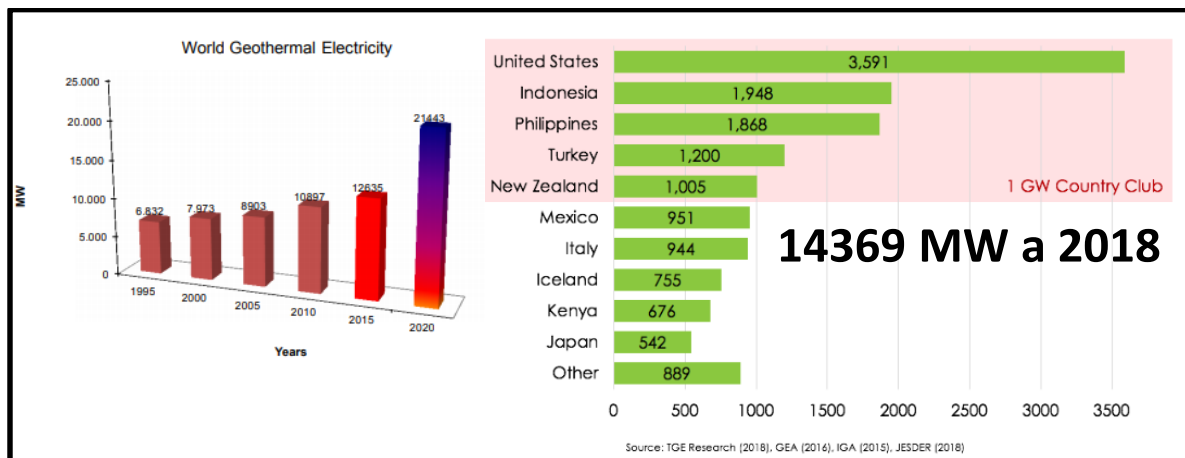


FIGURA 1. *Crecimiento de la energía geotérmica en el mundo.* Izquierda: Evolución en la Capacidad instalada entre 1995 y 2015 (Bertani, 2015) y predicción de crecimiento a 2020. Derecha: Capacidad eléctrica instalada en el mundo a 2018 (Richter, 2018)

En Colombia la disminución de las reservas de hidrocarburos, entre otras motivaciones, ha conducido a la proyección de una transformación en su matriz energética. Para ello se prevé la integración de fuentes como la eólica, fotovoltaica y geotérmica. Esta tendencia ha sido reportada por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) (Figura 2), lo que

¹ “Irena confirma que el crecimiento de las renovables en el mundo es imparable”: De acuerdo con la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), la capacidad de generación de energía con fuentes renovables y tecnologías renovables alcanzó 2179 GW en el mundo a diciembre de 2016 lo que representa aumentó a escala mundial en 167 GW en 2016 (8.3% más que el año anterior) lo que representa el mayor crecimiento en este tipo de recursos energéticos La capacidad de energía geotérmica aumento en 644 MW en 2017 con expansiones sobresalientes en Indonesia (306 MW) cuya capacidad total se acerca a 2 GW y Turquía (243 MW), superando en este país 1 GW ((<http://www.energiaestrategica.com/>)).

es coherente con la señal que da el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, en cuyo pacto por los recursos minero-energéticos para el crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades, incluye estudiar las nuevas alternativas, entre ellas la geotermia, para la que propone la definición de un marco regulatorio y dar continuidad a la caracterización del recurso.

La posibilidad del desarrollo geotérmico depende técnicamente del conocimiento de los recursos disponibles en el territorio. Si bien se han hecho esfuerzos importantes para generar dicho conocimiento, por parte de organizaciones internacionales como la OLADE y del gobierno colombiano, a través de ICEL, INEA y actualmente el Servicio Geológico Colombiano (SGC), empresas del sector de generación como CHEC-EPM e ISAGEN y la academia, a través de universidades públicas y privadas como la Universidad Nacional, la Universidad de Caldas, EAFIT, la Universidad de Medellín, la Universidad Industrial de Santander (UIS) y la Universidad Distrital, el país todavía no cuenta con una identificación y caracterización suficiente de estos recursos.

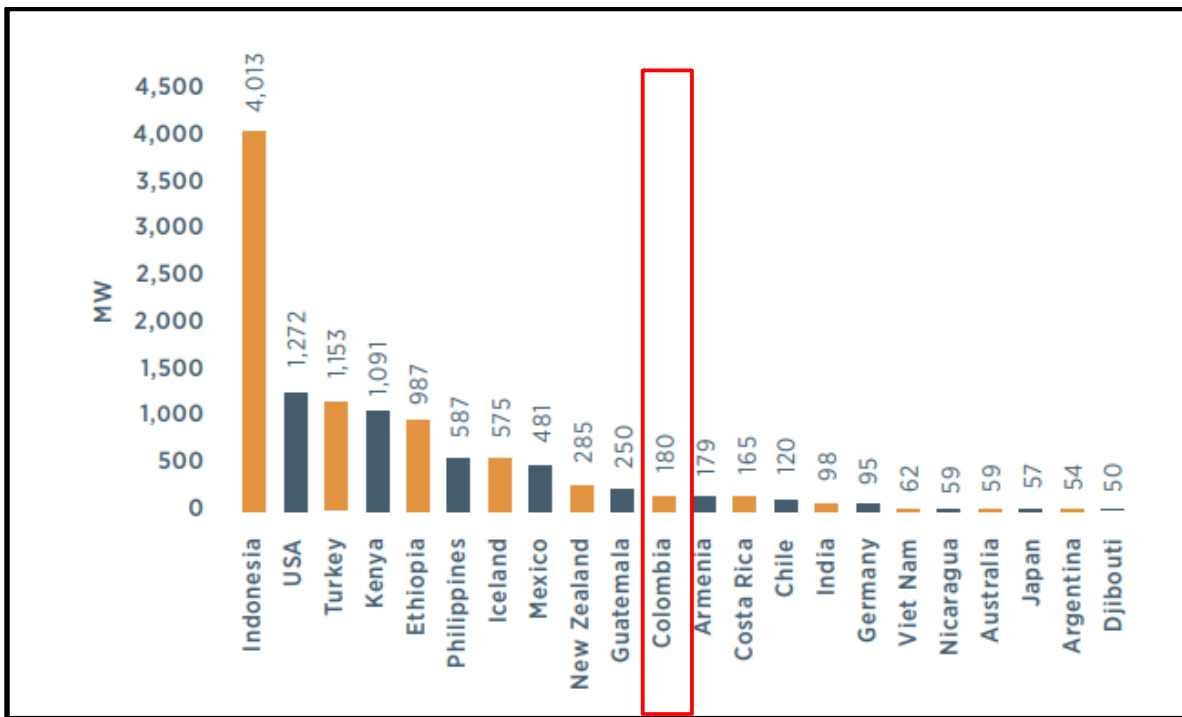


FIGURA 2. *Proyección de adiciones a la capacidad eléctrica a partir de la fuente geotérmica por país.* La Agencia Internacional de Energías Renovables reporta para Colombia la proyección de una capacidad instalada de 180 MW a 2021 (IRENA, 2017)

Esta posibilidad de desarrollo implica una importante oportunidad de generación de empleo como indican las cifras: Un proyecto de generación de 50 MW, involucra entre 697 y 862 empleos (Jennehohn, 2010). Se estima que por cada MW se crean 4.25 empleos fijos y de tiempo completo (Umam et al., 2018).

Por todo lo anterior, para dar mayor alcance y cobertura del conocimiento del recurso geotérmico del territorio y promover a partir de ello la incorporación de la geotermia a la canasta energética, es necesario incorporar nuevos talentos.

Nuevos talentos requeridos para la exploración de recursos geotérmicos

Las instituciones académicas de Colombia ofrecen programas de geociencias e ingeniería que cubren literalmente todos los frentes de investigación necesarios para generar el conocimiento de los recursos geotérmicos. Sin embargo, dado que la industria geotérmica no se ha desarrollado, no se han generado todos los perfiles necesarios ni se ha construido experiencia suficiente, en todos los frentes. La Tabla 1 resume los nuevos talentos requeridos para el desarrollo de la geotérmica, identificados a partir de un ejercicio basado en la revisión de la información conocida por el SGC, que es en la actualidad, la entidad a cargo de la investigación y exploración geotérmica, por parte del gobierno colombiano.

TABLA 1. Nuevos talentos requeridos para la exploración de recursos geotérmicos.

Talento	Profesionales involucradas	Alcance
1 Marco conceptual extendido	Ciencias de la Tierra: geólogos, geofísicos, geoquímicos e ingenieros	Interpretación integral de estudios de investigación y exploración
2 Metodologías para la identificación de favorabilidad de áreas geotérmicas potenciales y modelamiento conceptual	Ciencias de la Tierra, profesionales de la industria del petróleo	Revisión e implementación /adaptación de metodologías para identificación regional de áreas geotérmicas
3 Perforación geotérmica	Ingenieros/operarios/geólogos	Migración de profesionales de la industria de hidrocarburos a la geotermia
4 Caracterización fisicoquímica de reservorios geotérmicos: Ingeniería de reservorio	Ingenieros (químicos y mecánicos), profesionales de ciencias de la Tierra	Modelos matemáticos de condiciones fisicoquímicas del sistema. Capacidad de predicción de respuesta a condiciones de explotación.
5 Estimación del flujo de calor terrestre	Ciencias de la Tierra, ingenieros de petróleos y ambientales, hidrólogos, hidrogeólogos	Caracterización del flujo de calor terrestre en áreas geotérmicas y como soporte a la exploración de recursos geotérmicos conductivos.

Marco conceptual extendido.

Los profesionales en ciencias de la Tierra: geólogos, químicos y geofísicos, incluidos los de varias líneas de ingeniería que se dedican a la investigación geofísica, deben desarrollar una habilidad específica basada en estudio y

experiencia de trabajo en grupo, para unificar criterios e interpretar conjuntamente los sistemas geotérmicos.

Metodologías para la identificación de favorabilidad de áreas geotérmicas potenciales y modelamiento conceptual

Los sistemas geotérmicos hidrotermales, presumiblemente de alta entalpía relacionados con volcanes cuaternarios, han sido identificados en Colombia a partir de evidencias superficiales como la fuente de calor (el volcán), zonas de alteración hidrotermal y ocurrencia de manantiales termales. Por otra parte, aunque los sistemas conductivos asociados a cuencas sedimentarias no han sido identificados propiamente, el mapa preliminar de gradientes geotérmico puede ser indicativo de la existencia de estos recursos.

No obstante, es muy probable que existan otros sistemas geotérmicos, aún de alta entalpía, hospedados principalmente en la Cordillera Central, los cuales todavía no han sido identificados. Por esta razón se prevé la necesidad de implementar una metodología(s), a partir de la minería de datos, para buscar nuevas áreas potenciales. Este es el caso del “*play fairway analysis*”, metodología heredada de la industria del petróleo, a través del cual se establecen zonas de favorabilidad a partir de criterios ponderados de los elementos considerados fundamentales en los sistemas geotérmicos: permeabilidad, fuente de calor y fluido hidrotermal (Figura 3). Este método también es utilizado para evaluaciones locales de sistemas geotérmicos específicos y para mejorar la formulación de modelos conceptuales en general basada hasta hace pocos años, en el criterio de expertos.

Perforación geotérmica

Los métodos de exploración geotérmica y en particular las perforaciones, son heredados de la exploración de otros recursos, principalmente de los hidrocarburos. Sin embargo existen diferencias (Tabla 2) que ameritan ajustar los perfiles de los profesionales dedicados a este tema.

Caracterización fisicoquímica de reservorios geotérmicos: Ingeniería de reservorio

El conocimiento de los rasgos físicos y la termodinámica del reservorio son fundamentales para su modelación numérica con fines de estimación de potencial y como línea de base para la explotación. Estas son funciones fundamentales del ingeniero de reservorio en general asumida por ingenieros químicos e ingenieros mecánicos. En Colombia uno de los retos es extrapolar y adaptar los conocimientos y experiencia de trabajo en calderas a un sistema mucho más dinámico, con mayor número de variables y de mayor extensión: los reservorios geotérmicos.

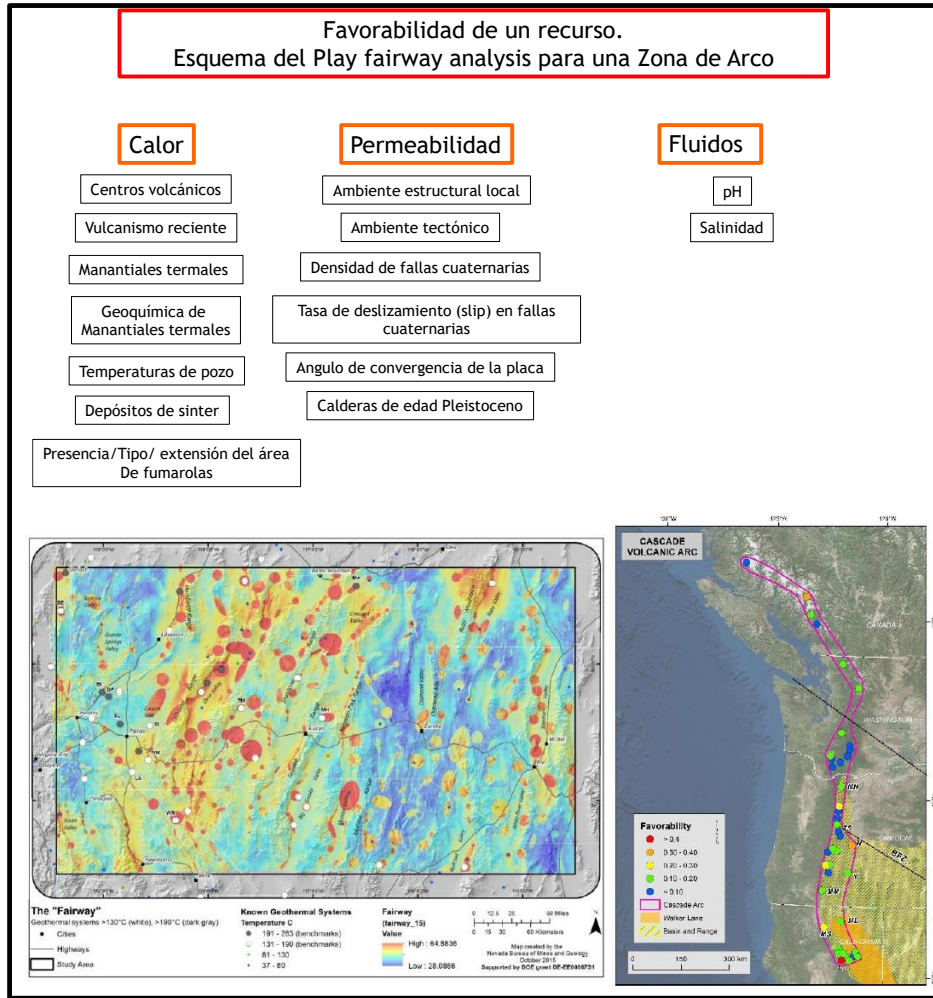


FIGURA 3. Ilustración de metodología para identificar y establecer zonas de favorabilidad geotérmica. Fuente: Hinz et al., 2016.

Estimación del flujo de calor terrestre

Se necesita dar un mayor alcance a los trabajos de estimación de flujo de calor terrestre a partir de mayor conocimiento e implementación de metodologías, como soporte a la modelación de sistemas geotérmicos y a la exploración de recursos geotérmicos conductivos (sistemas de entalpía media y baja en cuencas sedimentarias).

Tabla 2. Diferencias entre las perforaciones petrolera y geotérmica. Compilación de Umam et al., 2018 y www.piensageotermia.com

Variable	Petróleo	Geotérmico
Tipo Roca / litología	Blandas: Capas sedimentarias arcillolitas y arenitas	Duras: volcánicas / ígneas/metamórficas
Presión del reservorio	Alta (podría alcanzar 90 MPa = 900 bares)	Relativamente bajas, menor a la presión hidrostática (~9792 KPa/Km=97.92 bar/km)
Temperatura del reservorio	Pueda alcanzar 175-200°	Puede alcanzar >300°C
Fluido de perforación	Mezclas de bentonita	Lodo aireado o agua con aire o nitrógeno mezclado
Broca de perforación	Típicamente cortador de diamante policristalino (PDC)	Cono de rodillo o broca de arrastre, impregnada con diamante
Orientación de la perforación	Vertical, desviada, horizontal	Típicamente vertical o en forma de J.
Revestimiento	Tubería de producción perforada (5-7")	Liner ranurado, tubería revestimiento de gran diámetro (8-12")
Cementación	Revestimiento protector contra corrosión de hidrocarburos	Tranformacion del revestimiento limitada. Deformación debido a alta temperatura evita la fatiga termal
Terminación	Perforando y limpiando con agua salada	Instalación de liner ranurado y limpieza con salmuera
Caudal producción	150 gal/min	1500 gal/min
Período de producción	Alto flujo inicial durante meses que decae en pocos años	Producción constante 20-30 años

CONCLUSIONES

- ✓ El desarrollo de la energía geotérmica es una necesidad y un propósito global y nacional que trae consigo una oportunidad significativa de generación de empleo.

- ✓ El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 contempla la definición de un marco legal para el desarrollo de la geotermia y la continuidad en la investigación geotérmica.
- ✓ Se requieren nuevos talentos: mejorar la interpretación de los resultados de la exploración, implementar metodologías para definir favorabilidad de áreas geotérmicas, perforación geotérmica, elaborar modelos numéricos para conocimiento y administración de reservorios, caracterizar el flujo de calor terrestre del territorio, entre otros.

Referencias:

- Bertani, R. Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update report. Proceedings World Geothermal Congress. Melbourne Australia. 19 p. (2015)
- Richter, A. Global geothermal capacity reaches 14,369 MW – Top 10 Geothermal Countries, Oct 2018. Obtenido de <http://www.thinkgeoenergy.com/global-geothermal-capacity-reaches-14369-mw-top-10-geothermal-countries-oct-2018/> . Consulta Octubre de 2018.
- IRENA. Geothermal power. Technology brief. 28 p. (2017). Obtenido de http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Aug/IRENA_Geothermal_Power_2017.pdf
- Jennejohn, D. Green Jobs through geothermal energy. Geothermal Energy Association. Pennsylvania. U.S.A. 22 p. (2010)
- Umam, M., Purba, D., Adityatama, D. and Van Campen, Bart. Drilling manpower and equipment transfer from petroleum to geothermal industry: A preliminary study on skill assessment. Proceedings. The 6th Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition (IIGCE). 10 p (2018)
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022. Pacto por Colombia pacto por la equidad. 977p. (2018). Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND/Bases%20Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%20%28completo%29%202018-2022.pdf>
- Hinz, N., Coolbaugh, M., Faulds, J., Shevenell and Stelling, P. Regional quantitative play fairway analysis: methodology global examples and application for the East African Rift System. Proceedings. 6th. African Rift Geothermal Conference. Addis Ababa, Ethiopia. 13 p. (2016)