

(Editores)  
Rodrigo Álvarez García  
Almudena Ordóñez Alonso

RECURSOS MINERALES Y  
MEDIOAMBIENTE: UNA HERENCIA  
QUE GESTIONAR Y UN FUTURO  
QUE CONSTRUIR

LIBRO JUBILAR  
DEL PROFESOR  
JORGE LOREDO



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

2020





# UNIVERSIDAD DE OVIEDO

HOMENAJES





Rodrigo Álvarez García  
Almudena Ordóñez Alonso  
(editores)

*Recursos minerales y  
medioambiente: una herencia  
que gestionar y un futuro  
que construir*

LIBRO JUBILAR  
DEL PROFESOR  
JORGE LOREDO



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

2020



Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada (by-nc-nd): No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas.



Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, bajo las condiciones siguientes:



Reconocimiento – Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el licenciador:

Álvarez García, Rodrigo; Ordoñez Alonso, Almudena (editores). (2020). *Recursos minerales y medioambiente: una herencia que gestionar y un futuro que construir. Libro jubilar del profesor Jorge Loredo*. Universidad de Oviedo.

La autoría de cualquier artículo o texto utilizado del libro deberá ser reconocida complementariamente.



No comercial – No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin obras derivadas – No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

© 2020 Universidad de Oviedo

© Los autores

Algunos derechos reservados. Esta obra ha sido editada bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional de Creative Commons.

Se requiere autorización expresa de los titulares de los derechos para cualquier uso no expresamente previsto en dicha licencia. La ausencia de dicha autorización puede ser constitutiva de delito y está sujeta a responsabilidad.

Consulte las condiciones de la licencia en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es>



Esta Editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo

Edificio de Servicios - Campus de Humanidades

33011 Oviedo - Asturias

985 10 95 03 / 985 10 59 56

[servipub@uniovi.es](mailto:servipub@uniovi.es)

[www.publicaciones.uniovi.es](http://www.publicaciones.uniovi.es)

ISBN: 978-84-17445-95-9

DL AS 1451-2020



Jorge Loredo Pérez



## Índice

PRÓLOGO .....	13
<i>Santiago García Granda, Rector de la Universidad de Oviedo</i>	

### SEMBLANZA PERSONAL

Bosquejo a vuelapluma de Jorge Loredo Pérez, alumno, colega, colaborador y, sobre todo, amigo entrañable .....	17
<i>J. García-Iglesias.</i>	
Jorge Loredo: un compañero de viaje y un maestro de vida.....	21
<i>N. Roqueñí.</i>	
Casi un cuarto de siglo trabajando con Jorge: una experiencia de vida.	25
<i>A. Ordóñez.</i>	
Jorge Loredo: un gran hombre, un gran científico, un gran maestro y, ante todo, una gran persona.....	29
<i>M. I. Rucandio.</i>	

### ARTÍCULOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

¿Se está gestando una nueva crisis del petróleo?.....	33
<i>I. Álvarez.</i>	
Mineralogía, textura y geoquímica de depósitos minerales y residuos mineros: una herramienta de interés en estudios de contaminación de suelos.....	45
<i>R. Álvarez, J. Álvarez-Quintana y A. Ordóñez</i>	
Drenaje ácido de minas en la Faja Pirítica Ibérica: Geoquímica, tratamiento pasivo y sus residuos en una economía circular .....	59
<i>C. Ayora, S. Orden, F. Macías y J. M. Nieto</i>	

Mineralogía magnética aplicada al estudio de los yacimientos; repaso sobre el magnetismo de los minerales y ejemplos de aplicación: el metasomatismo ferrífero de la dolomía encajante de las mineralizaciones Zn-Pb-Ba de La Florida e historia de los «gossans» de la Faja Pirítica Ibérica.....	71
<i>L. Barbanson y M. Essalbi</i>	
Nuevo método de cálculo de recursos y reservas minerales para cuerpos minerales de forma tabular – Aplicación al proyecto Carlés .....	83
<i>C. Castañón, A. Martín-Izard, I. Diego y D. Arias</i>	
Determinación de niveles de fondo y referencia de elementos traza en suelos: un enfoque metodológico avanzado .....	93
<i>E. Chacón, A. Callaba, P. Fernández-Canteli, F. Barrio-Parra, M. Izquierdo-Díaz y E. de Miguel</i>	
Historia de las aguas minerales y termales .....	105
<i>M. M. Corral, M. E. Galindo, J. Á. Díaz, C. Ontiveros y J. M. Fernández.</i>	
Mobility of Thallium and other trace elements in mine drainage waters from two carbonate-hosted Lead-Zinc ore deposits in the northeastern Italian Alps .....	115
<i>S. Covelli, E. Pavoni, N. Barago, F. Floreani, E. Petranich, M. Crosera, G. Adami &amp; D. Lenaz</i>	
Comentarios heterodoxos sobre el cambio climático .....	129
<i>J. R. Fernández</i>	
The INCHaPA project: methodology for the study of historic quarries associated with the architectural heritage.....	141
<i>J. Fernández, E. Álvarez, J. M. Baltuille &amp; J. Martínez</i>	
Metodologías de fraccionamiento secuencial como herramienta útil para la evaluación de la movilidad de mercurio y arsénico y su impacto en la cuenca minera de Asturias .....	153
<i>R. Fernández-Martínez, A. Ordóñez, R. Álvarez e I. Rucandio</i>	
Recursos geotérmicos en Asturias .....	167
<i>C. García de la Noceda</i>	
Análisis de la presencia de mercurio en diferentes compartimentos ambientales del estuario del río Nalón como consecuencia de la minería..	179
<i>E. García-Ordiales, N. Roqueñí, P. Cienfuegos, S. Covelli y L. Sanz-Prada</i>	
Contribución al conocimiento de la geología económica en la cuenca del río Esva.....	193
<i>S. González-Nistal, R. Álvarez y F. Ruíz</i>	

Escombreras asociadas a minería de sulfuros: pasivo ambiental y potencial activo económico desde una perspectiva de minería circular .....	205
<i>J. A. Grande, J. M. Dávila, J. C. Fortes, M. Santisteban, A. M. Sarmiento, F. Córdoba, M. Leiva, M. L. de la Torre, A. Jiménez, J. Díaz-Curiel, B. Biosca, A. T. Luís, N. Durães, E. A. Ferreira da Silva, M. J. Rivera, J. Aroba, B. Carro, J. Borrego y J. A. Morales.</i>	
Mercurio en Almadén – datos recientes (2000-2020) sobre su presencia en el medioambiente y sus implicaciones.....	219
<i>P. L. Higuera, J. M. Esbrí, E. García-Ordiales y J. D. Peco</i>	
Evaluación medioambiental temprana de riesgos a la salud, a la seguridad y al propio medioambiente por proyectos geo-energéticos .....	245
<i>A. Hurtado y S. Eguilior</i>	
European dimension of the social license to operate in mining.....	257
<i>K. Komnitsas</i>	
El cambio climático, las tecnologías limpias y la minería .....	265
<i>J. F. Llamas</i>	
Las aguas subterráneas y los acuíferos: su carácter estratégico en escasez y periodos de sequía.....	277
<i>J. Antonio López-Geta</i>	
Comportamiento del agua de mina en instalaciones geotérmicas: Análisis de un caso particular .....	297
<i>C. Loredó</i>	
Una tecnología para reducir las emisiones: el almacenamiento geológico de CO <sub>2</sub> .....	309
<i>R. Martínez Orío y P. Fernández-Canteli</i>	
Perspectivas sobre reducción de emisiones de mercurio originadas en la producción de energía .....	321
<i>M. R. Martínez Tarazona, M. A. López Antón y R. García</i>	
Almacenamiento de energía térmica y eléctrica en minas subterráneas cerradas: situación actual y balances de energía .....	333
<i>J. Menéndez</i>	
Contribución del yacimiento de Carlés a la mineralogía española .....	345
<i>M. Mesa</i>	
La descarbonización de las industrias minerales en el Principado de Asturias .....	357
<i>A. Olay</i>	



Notas sobre liderazgo .....	367
<i>J. C. Rodríguez-Ovejero</i>	
Viabilidad económica ambiental para la recuperación o reducción del consumo de agua de plantas de procesamiento de oro .....	377
<i>J. Soto, J. Melendez y P. Cienfuegos</i>	
La explotación minera del karst fósil en la sierra del Aramo: del Calcolítico al siglo xx .....	391
<i>M. Suárez</i>	

# RECURSOS GEOTÉRMICOS EN ASTURIAS

*Celestino García de la Noceda Márquez*

IGME (Instituto Geológico y Minero de España)

GEOPLAT – Plataforma Tecnológica y de Innovación Española en Geotermia

## RESUMEN

Se podría concluir que, en cuanto a recursos geotérmicos convencionales, Asturias presenta un bajo potencial; los estudios y reconocimientos efectuados en las manifestaciones geotérmicas y los estudios de sus aguas minerales y termales así lo atestiguan. La escasez de perforaciones profundas en el área y la complejidad geológica en ciertas zonas tampoco permiten mantener expectativas de existencia de almacenes geotérmicos profundos capaces de albergar recursos geotérmicos de cierta entidad.

Es, sin embargo, en el campo de la geotermia somera donde Asturias tiene un elevado potencial. Aunque el desarrollo de iniciativas de aprovechamiento de esta geotermia superficial fue ligeramente posterior al de otras áreas en España, el empuje de algunos proyectos ha catapultado a esta fuente energética y se plantea como una solución de futuro para la climatización de edificios y locales.

Mejorar la garantía de calidad de las nuevas instalaciones de geotermia somera y evitar el uso de los derechos mineros con fines especulativos son tareas inexcusables para mejorar la confianza de los usuarios de esta fuente energética autóctona renovable e impulsar el crecimiento de estas tecnologías.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se aborda en este trabajo una síntesis de la información disponible sobre el potencial de los recursos geotérmicos del Principado de Asturias basada en los trabajos realizados en ese campo y en el de las aguas minerales y termales para reconocer las posibilidades de existencia de recursos geotérmicos convencionales y se analiza posteriormente el potencial de la geotermia somera para la climatización y otros usos térmicos de dichos recursos de bajamuy baja temperatura.

## 2. LOS ESTUDIOS DE RECONOCIMIENTO GEOTÉRMICO

La investigación de recursos geotérmicos convencionales en Asturias fue inicialmente abordada en el primer estudio geotérmico realizado a nivel de toda España, el *Inventario General de Manifestaciones Geotérmicas en el Territorio Nacional*, realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en 1975 y posteriormente en un trabajo de mayor detalle realizado igualmente por el IGME en 1982.

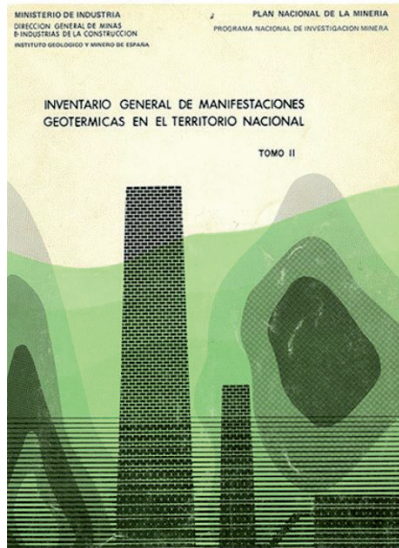


Fig. 1. *Inventario de Manifestaciones Geotérmicas (IGME, 1975)*

Los estudios de evaluación de los recursos geotérmicos convencionales, entendiéndolos como aquellos en los que el origen de su mayor nivel térmico está relacionado con la estructura y dinámica de la corteza terrestre y del interior de la tierra y en los que la presencia de fluido geotérmico en fase líquida o gaseosa por debajo del punto crítico posibilita la extracción de energía térmica del subsuelo en forma viable, se basan en el conocimiento geológico que permite reconocer las zonas y estructuras más favorables para la existencia de este tipo de recursos y en el análisis y estudio de los indicios geotérmicos (surgencias termales, sismicidad, volcanismo...) y del flujo de calor en la corteza terrestre y permiten reconocer las áreas con mayor potencialidad para la presencia de estos recursos.

Como se suele hacer en el reconocimiento de los recursos minerales, las fases en el proceso de investigación se realizan sobre áreas extensas de territorio con técnicas de estudio que impliquen costes más bien bajos. A medida que se delimitan zonas de interés, se aplican técnicas de investigación de mayor resolución, aunque de mayores costes, sobre superficies de menor extensión. La confirmación de expectativas adecuadas en cuanto a potenciales recursos permite reducir el área de investigación y aplicar técnicas aún más resolutivas aunque impliquen costes notablemente más elevados.

Esta sistemática de investigación aplicada a los recursos geotérmicos en España fue la que llevó a cabo el IGME básicamente en las décadas de los 70 a los 90 del pasado siglo XX y esta fue la razón de los dos trabajos antes citados que se llevaron a cabo para el reconocimiento del potencial geotérmico en Asturias: un primer trabajo a nivel nacional y un segundo estudio a nivel regional que se refería a Asturias y Cantabria.

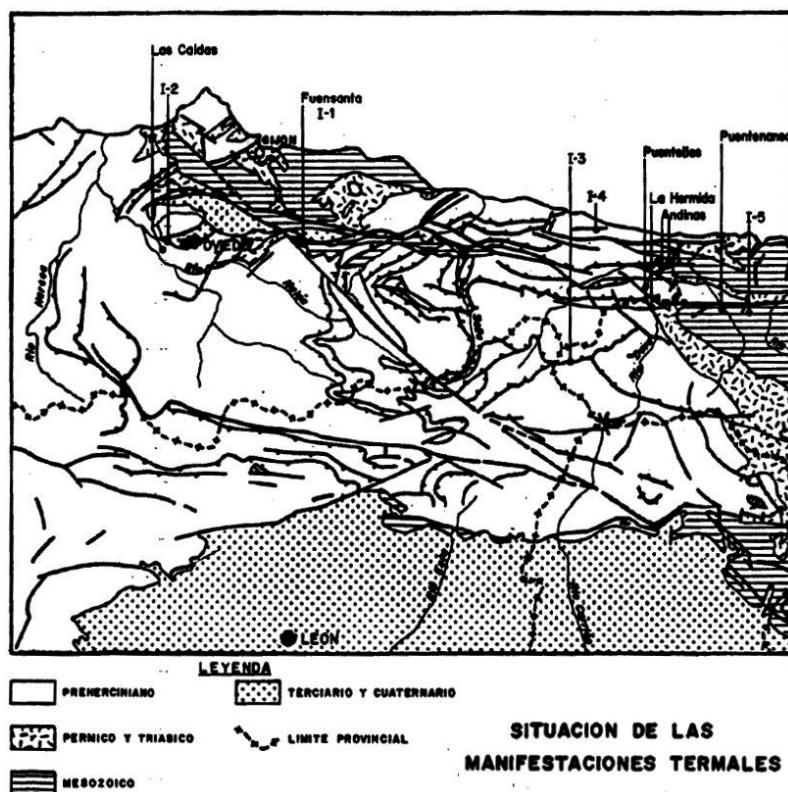


Fig. 2. Estudio geotérmico preliminar de Asturias y Cantabria (IGME, 1982)

Tras estos dos trabajos, no se acometieron nuevos estudios, excepto algún estudio específico a nivel de alguna surgencia termal que no aporta mayor interés a nivel del potencial regional, dado que fue descartado como territorio de elevado potencial.

De hecho, los trabajos realizados estudian con detalle los posibles indicios geotérmicos centrándose en el análisis de la información de varias surgencias termales con temperaturas del orden de entre los 20 y los 26 °C (y con una surgencia a temperatura del orden de 40 °C).

Las manifestaciones termales de Asturias que tienen interés geotérmico se sitúan sobre los materiales paleozoicos fuertemente tectonizados que integran el macizo hercínico del norte peninsular. Todas ellas están relacionadas con las calizas carboníferas y, en su mayor parte, están emplazadas en el

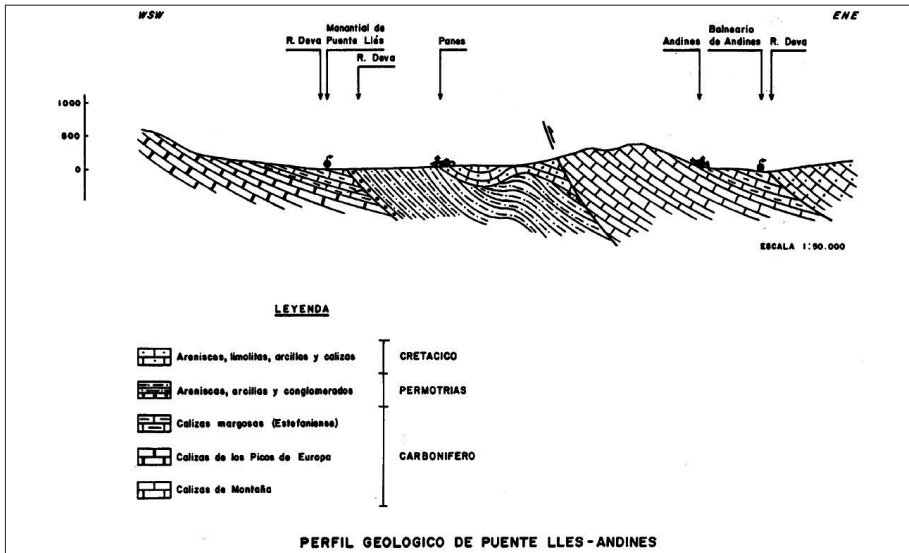


Fig. 3. Estudio geotérmico preliminar de Asturias y Cantabria (IGME, 1982)

contacto entre las calizas y la serie mesozoica. Básicamente no pueden relacionarse directamente con líneas de falla, a pesar de la intensa fracturación de estos materiales, pero se sitúan en las proximidades de accidentes tectónicos importantes. En principio parecen responder a un modelo hidráulico relativamente sencillo. Se presentan en relación con alguna de las innumerables fracturas que afectan al sector, y están asociadas a materiales de la máxima permeabilidad de la zona, las calizas carboníferas, sobre las que se desarrolla el circuito de entrada y probablemente el almacén.

La buena permeabilidad de estos materiales provoca, por un lado, la dispersión de las surgencias respecto de los accidentes tectónicos que posibilitan su génesis; por ello resulta generalmente difícil asociar estas manifestaciones a un accidente en concreto (muchas manifestaciones surgen en áreas relativamente tranquilas desde el punto de vista estructural local). El afloramiento en superficie de las aguas termales se produce generalmente cuando las calizas permeables entran en contacto con materiales más impermeables (mesozoicos casi siempre) que impiden su circulación.

Por otro lado, el importante desarrollo de la karstificación producida por la elevada pluviometría de la zona, facilita los fenómenos de mezcla entre el agua termal y las aguas frías de infiltración. La dispersión de los circuitos de salida, unida a los fenómenos de mezcla, hacen que el termalismo se presente muy atenuado. Es probable que muchos fenómenos termales generados en la región queden de esta forma diluidos antes de manifestarse en superficie.

Desde el punto de vista geoquímico, resalta el carácter poco salino del termalismo asturiano de tipo bicarbonatado en la mayor parte de las surgencias como resulta lógico tratándose de circuitos termales desarrollados exclusi-

vamente a favor de las calizas del Carbonífero, y de tipo mixto, bicarbonatado-clorurado cálcico-sódico en aquellos casos en que la surgencia se produce como consecuencia del contacto de los materiales carbonatados del carbonífero con las facies salinas de los materiales mesoterciarios.

Dado que varios de los manantiales termales estudiados resultan de la interacción entre un acuífero calcáreo y los materiales permotriásicos en facies detríticas y evaporíticas, se producen efectos que no solo condicionan el sistema hidráulico de las surgencias y el quimismo del agua, sino que, en algunos casos, puede justificar también sus características térmicas, dada la elevada conductividad de los materiales evaporíticos.

Los indicadores geotérmicos relacionados con datos geoquímicos (flúor, boro) no aportan interés ya que sus concentraciones son muy poco superiores a las de otras aguas. En cuanto a la sílice tan solo en alguna manifestación presenta valores más significativos, sin que aporten información relevante.

Aunque hay pocos datos, el flujo térmico regional es más bien bajo, por lo que el termalismo se asocia más a circulación a cierta profundidad que a anomalías térmicas, por lo que finalmente se establece que nada indica que pudiesen localizarse almacenes con temperaturas superiores a los 100 °C.

### 3. LOS ESTUDIOS DE AGUAS MINERALES Y TERMALES

Unos trabajos fechados en 1985 y 1987, promovidos por el Gobierno del Principado de Asturias, de Inventario y Caracterización de aguas termales y minero-medicinales en el Principado de Asturias son la base de conocimiento de existencia de surgencias de posible interés que complementan los trabajos geotérmicos anteriores.



Fig. 4. Aplicación web Aguas Minerales de Asturias; inicio (Gobierno de Asturias-IGME, 2003)

Con posterioridad a estos estudios, en 1996 y en 2003, el IGME, en el marco del Convenio Marco de Asistencia Técnica existente entre este organismo y el Gobierno del Principado de Asturias, realizó sendos trabajos de evaluación del potencial de las aguas minerales y termales del Principado de Asturias, el primero en relación con las surgencias que contaban con declaración (aguas minero-medicinales) y el segundo de aquellas que pudieran resultar de interés para su posterior aprovechamiento. Se estudiaron entre ambos trabajos más de 150 puntos de agua sobre un total de más de 200 indicios localizados a través de bibliografía y otras referencias.



Fig. 5. Aplicación web Aguas Minerales de Asturias; ejemplo para un concejo (Gobierno de Asturias-IGME, 2003)

En cuanto a temperatura de las aguas son tan solo 5 surgencias (ya consideradas en los anteriores estudios geotérmicos) y 2 sondeos los que superan los 20 °C. Otros 6 puntos tienen temperatura de surgencia de sus aguas entre los 15 y los 20 °C, 130 puntos alcanzan temperaturas del agua entre los 10 y los 15 °C y en 21 puntos la temperatura de surgencia del agua no alcanza los 10 °C, sin que otros indicios geotérmicos se puedan observar en los mantiales fríos.

Los manantiales que, con cierta temperatura de surgencia, se añaden en el último de estos trabajos, se sitúan en contextos muy similares a los considerados en los primeros estudios geotérmicos, si bien permiten reconocer nuevos puntos en que afloran estas aguas y en localizaciones ligeramente distintas a las inicialmente conocidas.

La mayor parte de los puntos de cierto interés desde el punto de vista geotérmico se localizan, en cualquier caso, entre la zona central y el límite oriental de Asturias y asociados a materiales carbonatados, si bien aparecen surgencias singulares en cuanto a indicadores geotérmicos en base a la geoquímica en algunos manantiales de la zona occidental de Asturias.



Fig. 6. Aplicación web *Aguas Minerales de Asturias*; ficha de un punto de agua (Gobierno de Asturias-IGME, 2003)

Estos estudios relativos a las aguas minerales y termales confirman las conclusiones obtenidas con anterioridad en los estudios geotérmicos, aunque permiten avanzar en el conocimiento y expectativas a nivel muy local de algunas áreas en torno a ciertas surgencias de posible interés, pero desde el punto de vista regional no modifican las observaciones previas.

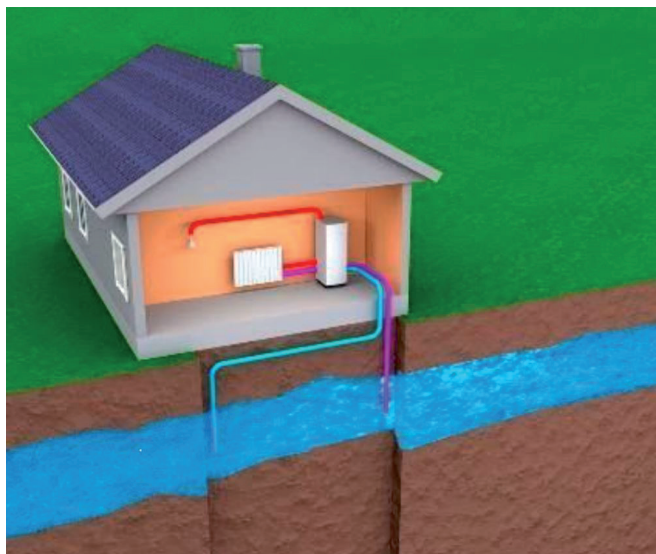
#### 4. LA GEOTERMIA SOMERA

Aunque ya existían algunas instalaciones que aprovechaban la capacidad calorífica de las aguas subterráneas para suministrar calefacción a edificaciones mediante la utilización de bomba de calor en España, es en la primera década del siglo actual cuando se produce un cierto despegue de esta tecnología que aprovecha la estabilidad térmica del subsuelo poco profundo (o de las aguas subterráneas u otras estructuras del subsuelo) para, mediante el uso de la bomba de calor en la inmensa mayoría de los casos, suministrar la climatización a edificios de viviendas y otros usos o aporte de calor a procesos de una forma altamente eficiente.

Este tipo de instalaciones se comienza a implantar casi con la entrada del siglo en algunas zonas de España y en Asturias el inicio se produce poco después, con la creación de distintas empresas que comienzan a instalar estos sistemas para edificios de oficinas en zonas favorables por existencia de aguas subterráneas a poca profundidad y en viviendas unifamiliares con intercambiadores geotérmicos cerrados verticales fundamentalmente.

Como ocurrió en otras zonas de España, parte de estas nuevas empresas provenían de sectores cercanos (geotecnia, captación de aguas...) con escasa formación y experiencia en la geotermia somera, lo que condujo en cier-





*Fig. 7. Sistema abierto de geotermia somera usando aguas subterráneas (tomado de <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com>)*

tos casos a instalaciones no adecuadamente diseñadas y con algunos problemas de funcionamiento. Es el mercado el que suele «cribar» este tipo de situaciones, aunque en ocasiones produce efectos no deseados con respecto a la credibilidad de la tecnología.

Sin embargo, siguiendo el consejo que Fernando Pendás (auténtico entusiasta de la geotermia desde sus inicios en España y del potencial de Asturias desde su cátedra en la entonces Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo y desde su posición posterior tras su jubilación) les dio a los técnicos de la empresa minera Hunosa, la geotermia ha tenido un impacto no solo mediático sino real en Asturias, al decidir aprovechar el potencial térmico contenido en el agua que rellena el hueco minero tras el cierre de las explotaciones, en este caso de la minería del carbón en la zona central de Asturias, y transformar un residuo ambiental con un coste nada despreciable (el drenaje del agua de las minas que se tenía que mantener para evitar problemas de saturación de agua en el subsuelo y por tanto inundación de sótanos en las cercanías de los pozos mineros) en un recurso energético capaz de suministrar climatización (calefacción y refrigeración) de viviendas y edificios así como agua caliente sanitaria (acs) con unos beneficios ambientales de elevado valor.

El interés de Hunosa por la geotermia comienza a mediados de la primera década del siglo actual orientándose fundamentalmente al aprovechamiento geotérmico en Mieres a partir de las aguas del pozo Barredo y para su uso inicial en la climatización del Edificio de Investigación del Campus Universitario de Mieres (Universidad de Oviedo), que posteriormente se amplió al Hospital Vital Álvarez-Buylla, la sede de la Fundación Asturiana de la Energía y el IES Bernaldo de Quirós y que más recientemente se ha exten-

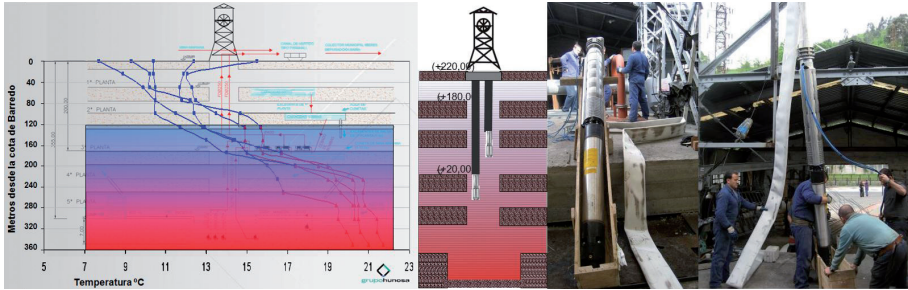


Fig. 8. Proyecto geotérmico desde el pozo Barredo (tomado de Garzón (2014) y Cordero et al., (2010))

dido a dos edificios de viviendas de la zona residencial de Vasco Mayacina, situada en el centro de la población. La red de calor del pozo Barredo recibió el pasado año uno de los premios Global District Energy Climate Awards, galardones que concede la Agencia Internacional de la Energía.

Actualmente Hunosa prosigue su actividad en la geotermia a partir de agua de mina en Langreo. La red de geotermia del pozo Fondón se prevé poner en marcha en corto espacio de tiempo para climatizar diversos edificios en el centro urbano de La Felguera, incluyendo un grupo de viviendas, un centro deportivo, un centro de salud y una residencia de personas mayores en una primera etapa que podrá ser ampliada en un futuro.

La elaboración por parte del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) del Plan de Energías Renovables 2011-2020 requirió la preparación de varios estudios de apoyo entre los que hay que destacar el realizado sobre Evaluación del potencial de energía geotérmica.

Este trabajo, que realmente sintetiza la información obtenida principalmente por el IGME durante las décadas anteriores de investigación y por parte de las empresas que ejecutaron trabajos de prospección y aprovechamiento de recursos geotérmicos, incluye sendos mapas a nivel de comunidades autónomas sobre las posibilidades de utilización de los acuíferos para su apro-

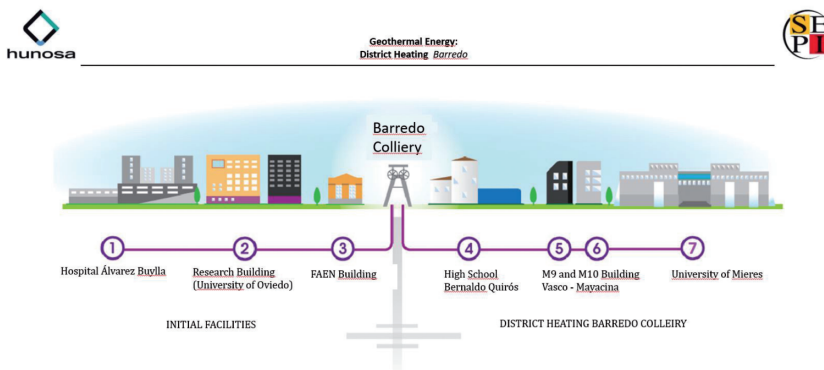


Fig. 9. Red de climatización del pozo Barredo (Hunosa, 2019)

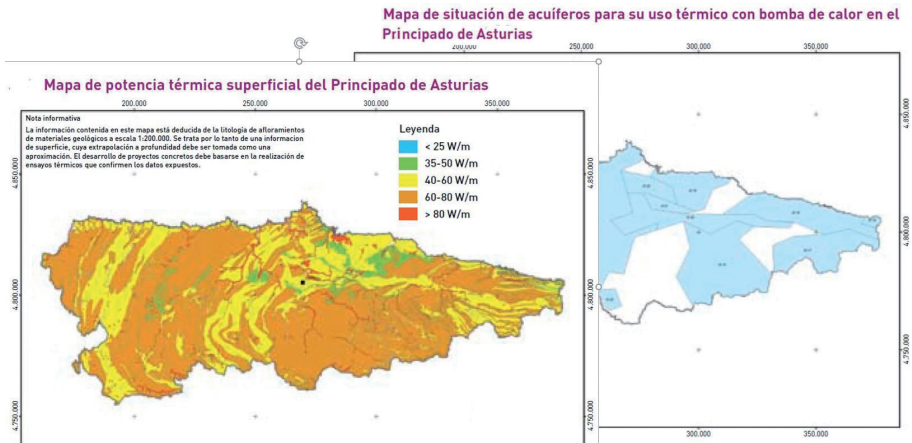


Fig. 10. Mapas de geotermia somera en Asturias (IDAE, 2011)

vechamiento térmico con bomba de calor y de potencia térmica superficial para la implantación de sistemas geotérmicos someros de circuito cerrado vertical. Estos mapas, que deben ser utilizados con las precauciones que en ellos se indican ya que no reflejan los datos del subsuelo, sino únicamente se refieren a los materiales aflorantes en superficie, permiten una primera aproximación grosera para la estimación de las posibilidades de aplicación de la geotermia somera.

## 5. CONSIDERACIONES NORMATIVAS

Los recursos geotérmicos están sujetos a la normativa minera. La autorización de permisos de exploración, investigación y de concesión de aprovechamientos de Recursos Geotérmicos se rige por las normas aplicables a los recursos de la sección D (minerales energéticos) de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas, modificada por la Ley 54/1980, de 5 de noviembre y es competencia de la Comunidad Autónoma.

Esta normativa fue desarrollada cuando únicamente se pensaba en recursos geotérmicos convencionales y, básicamente, sería adecuada para este tipo de recursos (aunque cabría señalar ciertas mejoras convenientes en la ley diferenciando recursos profundos de baja temperatura y de alta temperatura cuya explotación debería ser compatible incluso con diferentes permisos sobre áreas coincidentes).

Sin embargo, la normativa no resulta en absoluto adecuada para los recursos geotérmicos someros que responden a un tratamiento completamente diferente y cuyo aprovechamiento claramente debería ser compatible con la investigación y aprovechamiento de recursos geotérmicos profundos. Por otra parte, en la mayor parte de las instalaciones de aprovechamiento de geotermia somera, las figuras de los diferentes derechos mineros no resultan

adecuadas para este tipo de recursos que, claramente, no responden al modelo de yacimiento mineral (acumulación anómala de un determinado recurso mineral).

Figuras similares a las aplicables a las aguas termales (sección B) como son los perímetros de protección, parecen más adaptadas para este tipo de recursos geotérmicos, aunque cabría señalar que en el aprovechamiento de geotermia somera a partir de agua de mina y algunos casos similares, podrían ser adecuados los derechos mineros convencionales. En todo caso, lo que es realmente importante es que no se utilicen este tipo de figuras con motivos especulativos, para lo que las autoridades mineras deberán ser exigentes en cuanto al cumplimiento de los plazos y programas de trabajo que los titulares de permisos planteen.

En cualquier caso, no hay que olvidar que, en ciertos casos, la autoridad hidráulica puede tener competencia en cierto tipo de aprovechamientos geotérmicos, como también ocurre con otras autoridades como es la ambiental, energética, local...

## 6. CONCLUSIONES

Asturias no cuenta con un potencial significativo de recursos geotérmicos convencionales, si bien a nivel muy local y ligado a los accidentes geológicos que posibilitan la salida de fluidos geotérmicos y su surgencia en áreas próximas a dichos accidentes, se podría aprovechar recursos geotérmicos de baja temperatura para uso directo del calor.

Tampoco se presentan características favorables para la existencia de estructuras profundas de interés para la implantación de sistemas geotérmicos estimulados (EGS) y mucho menos para la existencia de otros recursos geotérmicos profundos no convencionales como yacimientos geopresurizados, supercríticos, etc.

Las posibilidades de aprovechamiento de geotermia somera son notablemente favorables tanto con sistemas de intercambio geotérmico en circuito cerrado vertical (los más comunes en el mundo y en España), con valores muy aceptables de conductividad térmica de los distintos materiales, como en circuito abierto usando las aguas subterráneas como fuente energética, dada la presencia de acuíferos someros en amplias zonas del territorio.

Los posibles «problemas de crecimiento» de un sector novedoso como es el de las empresas dedicadas a la implantación de estos sistemas de geotermia somera deberán ser subsanados mediante «certificados de calidad» o sistemas equivalentes para lo que la Norma UNE 100715-1 puede ser de gran utilidad. No debe olvidarse en este sentido que la geotermia somera conlleva el impulso y creación de empleo autóctono de calidad con formación específica en diferentes especialidades (perforación, diseño de sistemas...).

Por otra parte, evitar los posibles «usos especulativos» de los derechos mineros en este campo debe ser una exigencia clara para que el sector pueda desarrollarse con garantías.

La experiencia desarrollada en el aprovechamiento del agua de drenaje de las antiguas explotaciones mineras de carbón, no solo contribuye de forma altamente eficiente a disminuir los consumos energéticos de recursos fósiles, sino que aporta un elevado valor ambiental de un residuo derivado de la ex-

plotación minera con resultados técnicos y económicos claramente favorables.

Finalmente, la preparación y formación de técnicos especialistas en diseño e implantación de sistemas de intercambio geotérmicos y en aspectos específicos de este tipo de instalaciones (perforación, equipamiento, monitorización...), permitirá ofrecer criterios de calidad para este tipo de instalaciones. En ese sentido la tarea que con relación a los aspectos formativos ha venido desarrollando Jorge Loredó –a quien corresponde un *celebrado agradecimiento y homenaje*– a través de la Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo durante estos años, permite ir avanzando en este campo, así como el apoyo de la Plataforma Tecnológica y de Innovación Española en Geotermia (GeoPlat) a través de su colaboración con la Asociación Internacional de Geo-educación por un Mercado de Climatización Geotérmica Sostenible, GEOTRAINET y de la colaboración con el Instituto Nacional de Cualificaciones (INCUAL), permitirán formar a los técnicos de las empresas y de las instituciones para crear un sólido mercado geotérmico, aumentar la confianza de los futuros usuarios de esta fuente energética y contribuir al incremento de instalaciones de aprovechamiento de la energía geotérmica somera, una energía renovable, autóctona, y altamente eficiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cordero, C., Garzón, M. B., Álvarez, C. J., 2010. Aprovechamiento geotérmico de las aguas de mina. Universidad de Oviedo: Campus geotérmico. *Proceedings del congreso GeoEner II*.
- Garzón, B., 2014. *Aprovechamiento geotérmico de aguas de mina*. Jornada Agua y Minería. Club del Agua Subterránea (CAS).
- HUNOSA, 2019. *Geothermal Energy: Barredo Colliery District heating*. IEA. Global District Energy Climate Adwards. Reykjavik, Islandia.
- IDAE, 2011. *Evaluación del potencial de energía geotérmica*. Estudio técnico PER 2011-2020. Madrid, 232 p.
- IGME, 1975. *Inventario General de Manifestaciones Geotérmicas en el Territorio Nacional*. Documento inédito del IGME.
- IGME, 1982. *Estudio geotérmico preliminar de Asturias y Cantabria*. Documento inédito del IGME.
- IGME, 2003. *Estudio del potencial de aguas minerales y termales del Principado de Asturias*. Documento inédito del IGME.
- IGME, 2020. *Aguas minerales y termales del Principado de Asturias*. Disponible online: [http://www.igme.es/aguas\\_minerales/inventarios/asturias/index.htm](http://www.igme.es/aguas_minerales/inventarios/asturias/index.htm).
- Jardón, J. S., Pendás, F., Ordóñez, A., Cordero, C., Álvarez, C. J., Garzón, B., 2008. Aguas de mina en la Cuenca Central Asturiana: un recurso geotérmico. *Proceedings del congreso GeoEner I*, 1: 369-375.
- Meléndez, M., Nuño, C., 2006. Principales características de las aguas termales en acuíferos carbonatados en el Principado de Asturias. *Geogaceta*, 39: 87-90.