

(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>	

## **Bosquejo a vuelapluma de Jorge Loredó Pérez, alumno, colega, colaborador y, sobre todo, amigo entrañable**

*Jesús García Iglesias*

La experiencia enseña que el tiempo compartido hace amigos: amigos de la infancia, del colegio, de la carrera; amigos sin más o amigos entrañables. En el caso de Jorge, mi trato con él ha alcanzado una cota máxima, por cuanto que, después de ser alumno, lo he tenido como colega y colaborador durante casi cuarenta años. Así que no os extrañará que le considere un amigo entrañable; y que, al referirme a su persona y a sus muchos méritos profesionales, sienta también yo un tanto de orgullo personal, algo así como lo que sienten los padres cuando hablan del éxito profesional de sus hijos.

No pretendo hacer ahora un resumen de su currículum profesional, del que todos sois suficientemente conocedores, y de cuya calidad dan fe los seis «sexeños» de investigación que tiene reconocidos. Si acaso señalaré ciertos momentos que, conforme a mi visión personal, fueron claves para ayudar a Jorge a definir y recorrer su trayectoria profesional y, en especial, para alcanzar los frutos logrados con su trabajo de investigador. Vayamos, pues, por tiempos y por temas.

En primer lugar, recordemos su progresiva vinculación a la Escuela, y más en concreto a lo que entonces se denominaba Grupo XXI («Metalogenia»). Ciñéndonos a los hechos, situémonos en 1976, año en el que Jorge, terminados los estudios de la carrera, acude a mí, buscando tema y director para su trabajo fin de carrera. Hasta ahora, no conozco las razones por las que tomó aquella decisión. Con la perspectiva que da el tiempo y a tenor de los hechos, nunca agradeceré a Dios bastante el que Jorge actuase así, pues, gracias a ello he podido tenerle como colaborador leal en mis tareas docente, investigadora y de gestión académica, a lo largo de tantos años, en los que compartimos tareas docentes, investigadoras y de gestión académica, codo con codo. Yo, que bien lo sabéis, soy providencialista, creo que fue la Divina Providencia la que me lo puso al lado.

El título de aquel trabajo fin de carrera fue: «Estudio metalogénico del yacimiento Mina Carmina, San Martín de Oscos, Asturias»; título que define bien

la temática y el lugar. Y en San Martín de Oscos, residiendo en una fría y destartalada casa que tenía a modo de almacén IMINSA, una filial de la entonces Real Compañía Asturiana de Minas dedicada a la investigación de Yacimientos, inicia Jorge lo que podemos definir como el inicio de su singladura investigadora en el viejo y amplio campo de «Metalogenia».

Mina Carmina dista un buen trecho de San Martín de Oscos, que Jorge, entonces carente de bigote, de barba y de coche, debe recorrer cada jornada por una elemental pista de tierra hasta Mina Carmina, para realizar lo que podemos definir como el trabajo de campo; un trabajo para el que debía entrar en las viejas labores mineras, tomar muestras para los estudios de laboratorio correspondientes y efectuar medidas de rumbos y buzamientos sobre fracturas mineralizadas. Evidentemente, en aquellos años, no había riesgo de tener tropiezos con osos o con jabalís en la zona; pero quizá hubiese sido prudente no dejar a Jorge entrar solo en la mina, aunque se contase con el correspondiente seguro de accidentes. Claro que entonces no habíamos entrado en tiempos de democracia, y los derechos laborales de un becario no alcanzaban los niveles de seguridad que hoy se estilan. Afortunadamente para todos, Jorge volvió indemne de su trabajo investigador en Mina Carmina, y con el material de campo suficiente no solo para dar contenido adecuado a la memoria fin de carrera, sino también para realizar una de sus primeras publicaciones científicas en el *Boletín* del IGME.

Jorge afrontó aquel trabajo sin quejarse, y creo que le debió gustar, aunque no hiciese manifestaciones expresas de entusiasmo (entonces era aún más discreto). Aquel primer trabajo en común me permitió descubrir en Jorge a un posible candidato para comenzar a formar un equipo con savia nueva y con dedicación exclusiva. Desde entonces, las circunstancias posibilitaron que Jorge fuese incorporándose a la Escuela de Minas, partiendo de la condición inicial de becario. Luego llegaría, en 1978, el nombramiento de profesor adjunto, y más tarde, en 1984, el de profesor adjunto Interino. La plaza de profesor titular por oposición la logra en 1985, y finalmente, en el año 2008, conseguiría, también por oposición, la plaza de catedrático, que ya entonces no era del Grupo XXI, «Metalogenia» sino del área de «Prospección e Investigación Minera».

En los inicios de ese periodo, Jorge dedica tiempo y energías a la mejora de su formación, con estancias en lugares tan significativos como L'École Normale Supérieure de Paris (1980), para especializarse en las técnicas de estudio de las inclusiones fluidas en los minerales. También, en el curso 81/82, obtiene en L'École Nationale Supérieure des Mines de Paris un Diploma en «Géologie Minière». Luego realiza una estancia en el curso 87/88 en la University of California at Berkeley, para ampliar su formación en Geoquímica de yacimientos de oro. Así como también realiza estancias en otros centros extranjeros, tales como el Trinity College (Dublín) la Universidad de Aberdeen (Escocia), etc.

Jorge Loredó, que durante todo este periodo no solo atendió a sus obligaciones docentes y a la tarea que exigían los cargos académicos que desempeñó, también fue capaz de desplegar una ingente tarea investigadora de ámbito nacional e internacional, que le permitió publicar en revistas de reconocido prestigio, dar conferencias y presentar ponencias en Congresos Nacionales e Internacionales, de manera continuada. Destaquemos, sobre todo

su abrumadora participación en Proyectos de I+D financiados en convocatorias públicas, nacionales e internacionales, la mayor parte de las veces como investigador principal.

¿Qué otros rasgos o cualidades podríamos destacar en Jorge? Su constancia, su tenacidad, su rigor y su capacidad de trabajo, de un trabajo bien hecho. Asimismo, su capacidad para viajar, sin cansancio ni desmayo, siempre por razones de ese trabajo. Y, también, su capacidad para conectar y sintonizar con personas, integrarlas y crear equipos, tanto a nivel nacional como internacional. Y no solo crear equipos, sino también liderarlos. Sin esas cualidades no serían explicables ni tantos proyectos ni el figurar tantas veces como investigador principal de los mismos. Diríamos que el Investigador Principal de un proyecto es algo así como el director de una orquesta sinfónica, que logra armonizar a un conjunto de individualidades, para dar un todo armónico. Y en esa función, ¡cuántas gaitas habrá tenido que templar Jorge!

Si atendemos a los presupuestos de esos proyectos, bien podemos afirmar que, dentro de la Universidad de Oviedo, pocos profesores han generado tantos recursos como Jorge; no solo en cuanto al porcentaje que de esos presupuestos se reserva la Universidad, sino también en cuanto al material de laboratorio que se fue adquiriendo gracias a los mismos. Estamos ante decenas de proyectos, que van desde los que suponen unos pocos miles de euros hasta los que superan ampliamente el millón de euros (1248000).

Y ahora, otra confidencia personal, sobre los posibles motivos de la evolución investigadora de Jorge, marcada por su vuelque hacia la minería y el medioambiente. Sin la perspectiva que hoy tengo, y razonando egoístamente, yo veía entonces que esa evolución en Jorge suponía perder un eficaz colaborador en la investigación de yacimientos, que prácticamente polarizaba nuestro laboratorio de Investigación de Yacimientos. Y no dejaba de preguntarme las causas.

Por si no lo sabéis, Jorge siente vértigo en cuanto se sube a un taburete. Y en más de un apuro se vio, cuando, con motivo de algunas visitas a yacimientos, trepábamos y ganábamos altura recorriendo algún frente de explotación, para estudiarlo o para tomar muestras. Alguna vez pensé que ese vértigo podría ser la causa por la que Jorge reorientaba su investigación, y que lo que buscaba pasándose al emergente y prometedor campo de la minería y el medioambiente, era conseguir un trabajo de campo en escenarios de menor altura física, en los que el vértigo no fuese obstáculo. Hoy mi conclusión ya no es esa, hoy pienso que una parte importante de la culpa, una feliz culpa por los beneficios que ello ha reportado, la tuvo una persona, aun sin ser consciente de ello. Me explico.

Rastreando publicaciones y proyectos, se ve claro que el cambio de rumbo de Jorge, que se inicia y se consolida a lo largo de la década de los años 90, tiene también un motivo diferente al del vértigo (si es que este fue en alguna medida motivo). Ese motivo fue nuestro querido compañero Fernando Pendás –también catedrático del Área de Prospección e Investigación Minera– con los numerosos proyectos de investigación que entonces desarrollaba, en el campo de la hidrogeología minera. Para realizar esos trabajos, Fernando busca ayuda y colaboración, y la encuentra en Jorge, que a esas alturas es un maduro y eficaz investigador. Lógicamente, las publicaciones y proyectos derivados muestran un protagonismo cada vez mayor de Jorge, quien

finalmente deriva hacia el estudio de los problemas medioambientales relacionados con «pasivos mineros», campo en el que desarrolla sucesivos proyectos, nacionales e internacionales, en los que actúa como Investigador Principal. Asomarse a su producción científica en ese dominio da vértigo.

De este modo, y en lo que se refiere a Jorge, la investigación de yacimientos pasa de hecho a un segundo plano, quedando cortada lo que fue la investigación metalogénica, que empezó en la zona de Los Oscos, con el estudio de Mina Carmina, y que luego había continuado con diferentes yacimientos de la Zona Cantábrica. Un recuerdo especial se merecen los Yacimientos de Fluorita, sobre los que Jorge realizó su tesis doctoral, basada en el estudio de las Inclusiones Fluidas. En aquel momento esta técnica de investigación metalogénica no estaba introducida en España, y éramos el primer laboratorio nacional en el que se estaba aplicando. Luego Jorge fue maestro de otros investigadores españoles que pasaron por nuestra Escuela de Minas para aprender dicha técnica.

A la hora de concluir, pienso que puedo tomarme la libertad de decir que considero a Jorge como uno de mis amigos más entrañables. Así que ya sabéis la conclusión: estoy incondicionalmente a su favor. Así que, tomando un símil de la vida actual y a modo de metáfora, os afirmo que, si alguien intentase inculparle de algo, y yo fuese fiscal, declarararía que no encuentro motivos, y mandaría archivar la causa. Y si fuese presidente de Gobierno, lo nombraría de manera inmediata no ya director general de lo que fuese, sino vicepresidente primero. Porque ha demostrado que trabaja mucho y trabaja bien, porque ha mostrado ser generoso y saber convivir, porque hace y deja hacer, y porque me cae bien. Faltaría más. En estos tiempos revisionistas e iconoclastas, en los que perdemos el tiempo derribando estatuas –algunos no sabrían hacer otra cosa–, yo propondría hacerle una a Jorge.

Un fuerte abrazo, querido Jorge, y gracias por todo lo que te debemos: lo conocido, que es mucho, y lo ignorado, que será más.