

(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

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. Rucandío.</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 & 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 & 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 ₂	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>	

Casi un cuarto de siglo trabajando con Jorge: una experiencia de vida

Almudena Ordóñez Alonso

Querido Jorge,

Fue al empezar mi último curso de carrera cuando por primera vez, tímidamente, me acerqué a ti para solicitarte la tutela de lo que entonces se llamaba «Proyecto fin de carrera». En aquellos tiempos estaba vigente en nuestra entrañable Escuela de Minas el plan de estudios de Ingeniero de Minas de 1979, en el que no había lugar para los contenidos de geología ambiental a los que tú ya hacía tiempo que te dedicabas. Casi no te conocía de las aulas, dado que entonces no impartías clase en la especialidad que yo cursaba, pero lo que sí conocía de ti era que, junto con el inolvidable Fernando Pendás, realizabais, en colaboración con alumnos de doctorado y becarios, diversos estudios ambientales y de Hidrogeología que me atraían. Como en ti suele ser habitual, me diste por respuesta un «Sí» y rápidamente me esbozaste un posible tema del que en aquel momento entendí muy poco... y desde ese día hasta hoy ha pasado ya media vida. Acercarme a ti aquel día podemos decir que fue providencial, porque marcó mi vida para siempre. De tu mano empecé mi trayectoria investigadora con la geoquímica urbana y desde entonces se fueron concatenando, en un repaso fugaz: los tratamientos pasivos, la regulación de aguas de mina, la prospección de la contaminación, las inagotables posibilidades de las minas de Hg y su impacto ambiental, la Hidrogeología minera y la Geotermia, además de algunos otros temas colaterales en los que la debida brevedad de mi intervención aconseja no entrar. Paralelamente a toda esta vertiginosa investigación fueron apareciendo personas, también de tu mano, que igualmente dejaron una honda huella en mi formación, tanto investigadora como humana. Muchos de ellos se encuentran hoy aquí presentes y son de sobra conocidos y reconocidos: de todos ellos, y en relación con lo emotivo de este acto, me gustaría recordar a nuestro querido Paul Younger, a quien tú apadrinaste como Doctor Honoris Causa por la Universidad de Oviedo.

Creo que no es mi misión en este acto glosar tu figura como docente, ni tampoco como investigador ni como gestor, por lo que me tomaré la licencia, en esta segunda parte de mi intervención, de describir brevemente hechos y relatos que confío en que ilustren bien tu figura:

Cualquier persona que estuviese ahora en mi lugar, intentando describirte, sin duda lo primero que apuntaría sobre ti es que las peripecias de ese gentil caballero británico llamado Phileas Fogg resultan irrisorias si se comparan con tu agenda. En estos últimos 25 años has sido un viajero incansable, siendo por épocas realmente difícil verte sin la maleta, siempre llamativamente pequeña, que llegó a parecer una prolongación natural de tu mano. El hecho de que después de tantos años no se haya rebajado lo más mínimo esa buena disposición a viajar denota una admirable vitalidad. Me consta que allí donde llegaste, hiciste amigos y que, en el caso de repetir, siempre eres bien recibido donde ya te conocen. A ello contribuye, sin duda, tu carácter afable y abierto.

A continuación, me gustaría referir un aspecto que pone de manifiesto tu bonhomía: la atención que nos prestaste, tanto a mí como a otros miembros del grupo de investigación, con una cuidada y temprana atención a los méritos curriculares, a los que generalmente en las etapas precoces de la carrera somos poco menos que ajenos, y que con la perspectiva que da el tiempo entendemos como fundamentales en nuestro desarrollo profesional. Siempre has sido muy generoso en ese sentido y nos has ayudado y apoyado a muchos de forma sana y sin doblez, casi como si de un padre se tratara. En mi caso concreto me apoyaste y empujaste hacia la carrera docente, creyendo en mí más que yo misma, y nunca has dejado de ayudarme. Algunos profesores que están hoy aquí pueden decir algo parecido. Durante estos años, siempre que has podido, has ayudado a muchos alumnos que han recibido por tu parte ese primer apoyo que nunca olvidarán, en forma de becas, estancias o contratos con empresas, aprovechando tus buenas conexiones profesionales. Somos, por tanto, muchos los que te debemos el estar donde estamos.

Otra de tus virtudes, aunque no estoy segura de que tu mujer, Toña, la califique como tal, es una extraña capacidad para trabajar sin necesidad de dormir. En multitud de ocasiones nos comentabas, con total naturalidad, que te habías levantado a las 3 de la madrugada, para, por poner un ejemplo, terminar el informe para Río Narcea Gold Mines, comenzar a escribir un artículo con los datos del muestreo recién terminado de Puertollano y, tras contestar 9 *e-mails* que eran urgentes, leer un par de capítulos de un libro muy interesante de Luis Adaro sobre el puerto de Gijón. Tras eso, puntualmente a las 8:30 de la mañana ya estabas en tu despacho de la Escuela. Nunca fuimos capaces de competir con tu capacidad de trabajo.

Fue un gran acierto el constituir el Grupo de Investigación ISYMA (Investigación del Subsuelo y Medioambiente), que dirigías junto con Fernando Pen-dás, con el que te complementabas a la perfección: él era un soñador entusiasta de la geología aplicada, y tú, extraordinario gestor con los pies en la tierra, eras quien conseguía los medios, ejecutaba y organizaba los trabajos y los proyectos y difundía los resultados, sin que nada se te pusiese por delante, y así has seguido haciendo hasta hoy. Esta faceta tuya de gestor es francamente un rasgo destacable difícilmente igualado en nuestra Universidad. También quisiera destacar que siempre me has parecido un hombre «moderno», con una capacidad envidiable de adaptarse a los cambios, del tipo que sean, sin quejas ni inercias y esto no es habitual en la Universidad. Siempre has estado a la vanguardia de la investigación en la ingeniería geológico-ambiental y eso ha sido una de las claves de tu éxito profesional y una clara ventaja

competitiva a nivel de grupo de investigación. También en este aspecto subyace otro de los rasgos que te caracterizan: el optimismo. No te muestras abatingo ni desanimado cuando las cosas no van bien, si no que siempre buscas el lado positivo y la forma de seguir adelante. Creo que esa característica enlaza con otra: tu valentía. Te he visto enfrentarte a situaciones que no te resultaban agradables y adentrarte en proyectos inciertos con ilusión y seguridad. De otro modo, no habrías trabajado en tantos campos diferentes, colaborado con tanta gente y hecho, en definitiva, tantas cosas.

Basten unos números aproximados para dar una idea de la magnitud de tu currículo: tienes 5 sexenios de investigación y uno de transferencia, 80 publicaciones en revistas internacionales de impacto, con más de 100 coautores, y más de 1000 citas, has presentado más de 300 ponencias en congresos por todo el mundo, has sido investigador principal de más de 50 proyectos de investigación, 8 de ellos europeos y más de 100 contratos con empresas (cuya financiación global se acercaría a los 10 M€ y en los que colaboraste con universidades y organismos de toda Europa y buena parte de América), has dirigido más de 30 tesis doctorales y 100 trabajos fin de estudios y, teniendo en cuenta el radio de la Tierra según el elipsoide de Hayford y asumiendo solamente viajes internacionales, estimo que habrás completado entre 29 y 31 vueltas al planeta (por su círculo máximo).

Otra curiosa cualidad que atesoras es haber actuado en innumerables tribunales de plazas de todo tipo, tanto en Universidades (españolas y extranjeras) como en organismos públicos de investigación, sin duda en muchas ocasiones conflictivos, sin que ello te haya ocasionado la más mínima enemistad con nadie; esto, en un mundo tan competitivo como el universitario, puede considerarse casi como milagroso, y vuelve a ser fruto de tu buen carácter.

De ese buen carácter qué podría yo decir; si miro atrás, los recuerdos de mi trabajo contigo se entremezclan con los aspectos personales, porque siempre has tenido con nosotros un trato cercano y humano, te has preocupado por nuestros problemas, escuchado y ayudado en lo podías y hoy aquí te doy las GRACIAS. Del mismo modo, siempre nos has hecho partícipes de tu vida personal, que has sabido conciliar con tu trabajo. Más allá de los logros profesionales, tú has conseguido crear una maravillosa familia: tu mujer Toña y tus hijas Cova y Marta, que han sido desde niñas ejemplares estudiantes y ahora buenas profesionales, además de buenas personas (a Cova la conozco más, porque tuve la oportunidad de dirigir su tesis doctoral, junto con Nieves Roqueñí). Os han dado muchas alegrías y siempre te digo que tenéis mucha suerte, pero la suerte se busca y el mérito es en buena parte vuestro. Podríamos decir que ahora culminas una etapa de tu vida, en la que te gradúas con buena nota y que ahora comienza una fase en la que podrás pensar más en tí. Jorge, te deseo lo mejor en esta nueva etapa, porque te lo mereces, pero al mismo tiempo te ruego que continúes con nosotros en la medida que te sea posible, para seguir beneficiándonos de tus sabios consejos. Me despido expresando de nuevo mi más sincera gratitud, desde el afecto personal y la admiración profesional.