



# SEMINARIO

## HIDROGEO TOXICIDAD y GEOLOGÍA MÉDICA



Dra. Elena Giménez-Forcada

Científica Titular - Instituto Geológico y Minero de España - IGME  
Presidente - International Medical Geology Association - IMGA-España

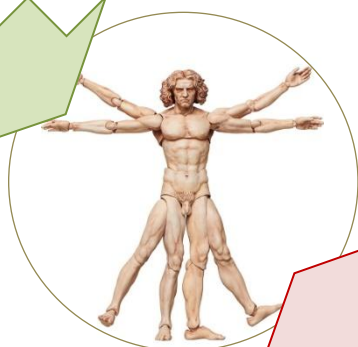
10 de mayo de 2018



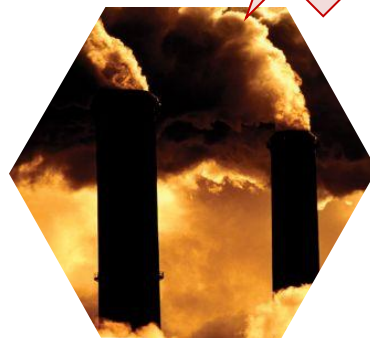
NATURAL



MEDIO AMBIENTE



HOMBRE



CONTAMINACIÓN

NATURAL

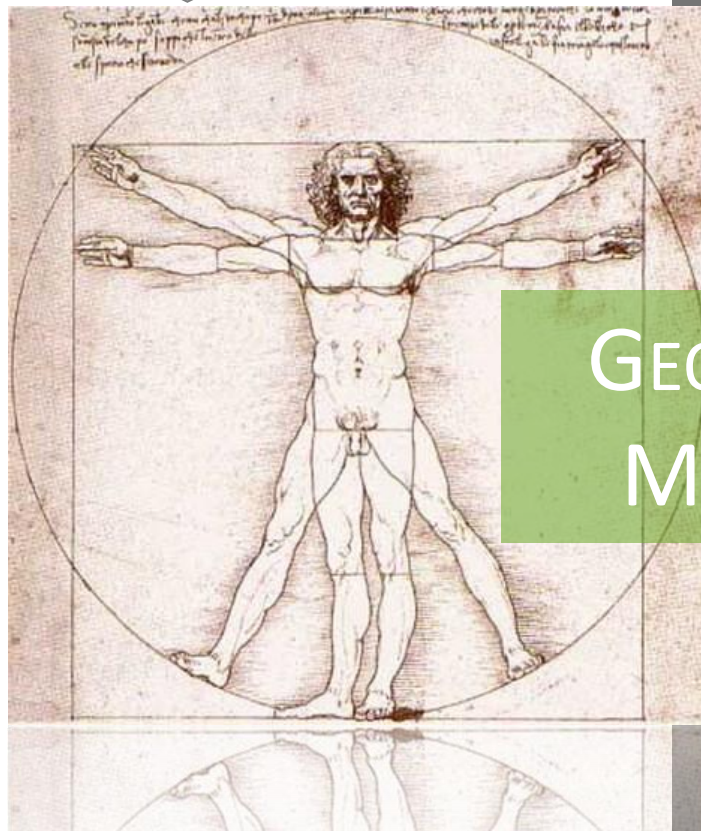


?

MEDIO AMBIENTE



Geología



GEOLOGÍA  
MÉDICA

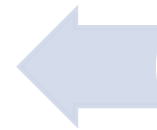
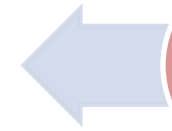
HidroQuímica

Hidro**Geo**Química

HidroGeo**Toxicidad**

Geo

Salud



III Conferencia Hemisférica de  
Geología Médica  
Montevideo, octubre 2009





## ELEMENTOS MAYORITARIOS



## CATIONES

## ANIONES



Elementos en  
concentraciones traza  
ELEMENTOS  
MINORITARIOS  
TRAZA





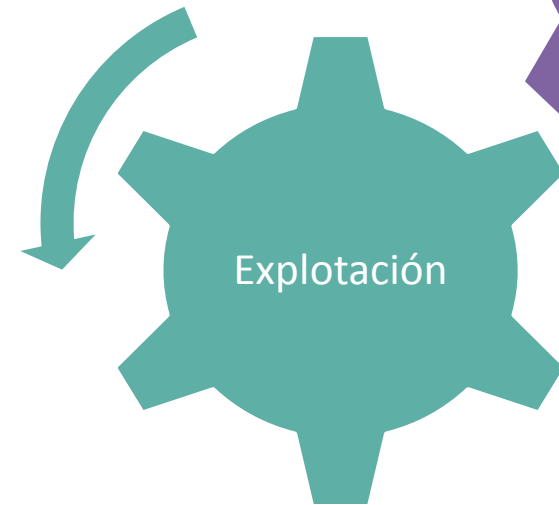
Plana de Castellón



HIDROGEOQUÍMICA



Plana de Castellón



HIDROGEOQUÍMICA

**SALINIZACIÓN  
ACUÍFEROS  
FISURADOS  
TRIÁSICOS**

**SALINIZACIÓN  
Intrusión  
agua de mar**



- Pian di Rocca
- Pianura di Grosseto
- Pianura dell'Ossa-Albegna
- Isola d'Elba

# Toscana



Isola d'Elba



# Hydrogeochemical considerations about the origin of groundwater salinization in some coastal plains of Elba Island (Tuscany, Italy)

Elena Giménez-Forcada · Alberto Bencini · Giovanni Pranzini



• Isola d'Elba



# Indice de HIDROGEOTOXICIDAD



$$\text{HGT}_{\text{elemento}} = [\text{elemento}]_{\text{agua}} / [\text{elemento}]_{\text{OMS}}$$

(Arsénico, As)

$$\text{HGT}_{\text{As}} = [\text{As}]_{\text{agua}} / [10 \mu\text{g/L}]_{\text{OMS}}$$

$$\text{HGT}_{\text{elemento}} \geq 1$$

Riesgo HidroGeoTóxico Potencial

# PROYECTO HIDROGEO TOX

IGME (2013-2017)

HIDROGEO TOXICIDAD

- Introduce el concepto de **Elemento Traza Geogénico Potencialmente Tóxico, ETGPT (As)**.
- Define e **internacionaliza** el término **HidroGeoToxicidad**, es decir la ponderación de las concentraciones de ETGPTs en términos de salud.
- Propone un modelo de **trabajo interdisciplinar en el campo de las CC de la Tierra** que interpreta el entorno geológico a través del análisis hidroquímico.
- Abre una **nueva línea de trabajo en el campo de la Geología Médica**, al ofrecer una base de conocimiento geológico sólido sobre la que fundamentar estudios de gestión adecuada de recursos hídricos subterráneos, salud y bienestar de la población.

# HIDROGEO TOXICIDAD



- Utiliza el agua como vehículo de conocimiento del medio geológico natural a través de la interpretación de la hidroquímica en su contexto geológico.

...

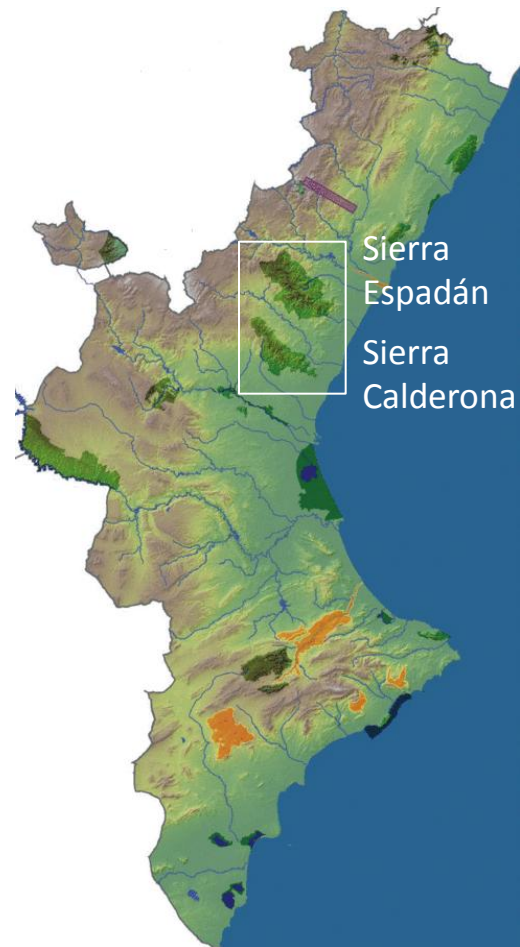
El conocimiento del medio es la base para una gestión del agua subterránea correcta y responsable.

2 áreas de estudio



# Dominio Triásico

## Sierra Calderona-Espadán





ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



- **FACSA**

- **EXPLORACION Y FOMENTO DE AGUAS**

**HERMANOS RENAUS**

(San Juan de Moró)

Arsenic, barium, strontium and uranium geochemistry and their utility as tracers to characterize groundwaters from the Espadán–Calderona Triassic Domain, Spain



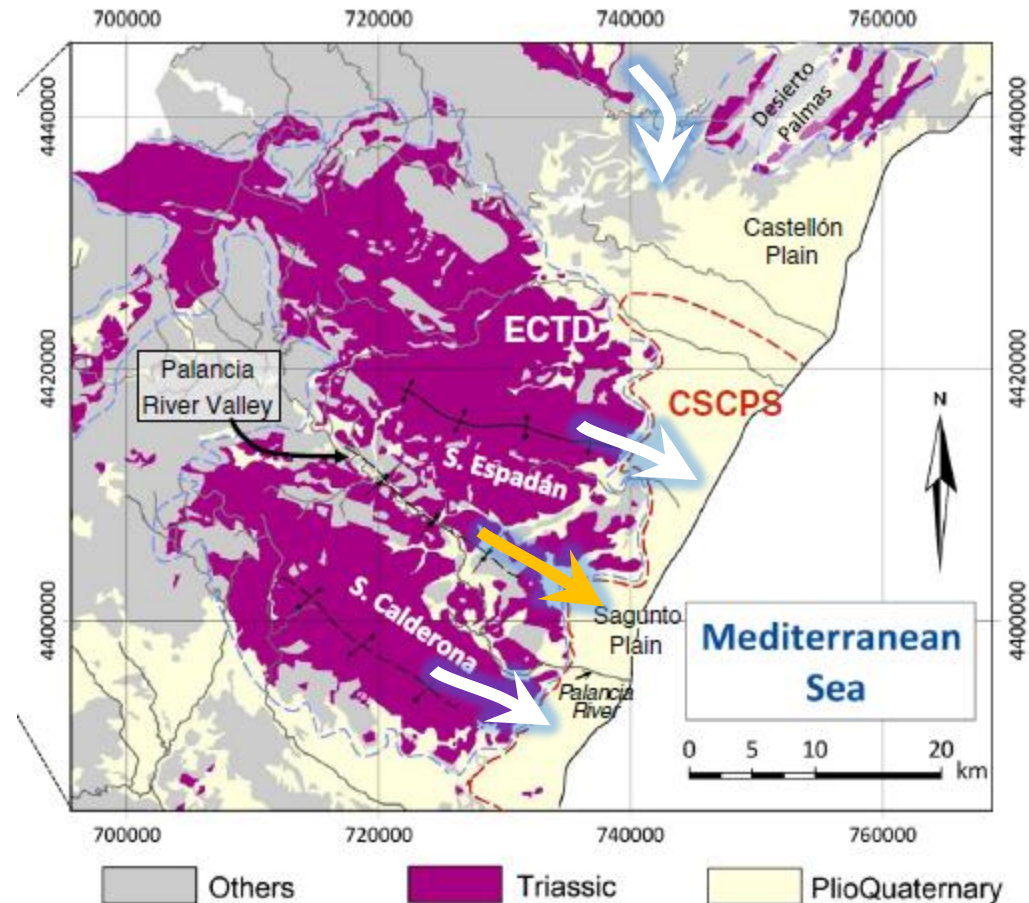
Elena Giménez-Forcada <sup>a,\*</sup>, Marisol Vega-Alegre <sup>b</sup>

HIDROGEOLOGIA

Estroncio (Sr)  
Bario (Ba)  
Uranio (U)  
Arsénico (As)

- Estructurales  
- Litológicos

Calidad del agua de recarga



# Cuenca del Duero



Science of the Total Environment 593–594 (2017) 211–226



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



Journal of Geochemical Exploration 183 (2017) 197–205



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Geochemical Exploration

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/gexplo](http://www.elsevier.com/locate/gexplo)



Hydrogeotoxicity from arsenic and uranium in the southern Duero Basin, Spain

Elena Giménez-Forcada <sup>a,\*</sup>, Susana Timón-Sánchez <sup>a</sup>, Claus Kohfahl <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instituto Geológico y Minero de España, IGME, Unidad de Salamanca, calle Azufranal 48, 37001 Salamanca, Spain

<sup>b</sup> Instituto Geológico y Minero de España, IGME, Unidad de Sevilla, Plaza de España - Torre Norte, 41013 Sevilla, Spain



Characterization of regional cold-hydrothermal inflows enriched in arsenic and associated trace-elements in the southern part of the Duero Basin (Spain), by multivariate statistical analysis

Elena Giménez-Forcada <sup>a,\*</sup>, Marisol Vega-Alegre <sup>b</sup>, Susana Timón-Sánchez <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto Geológico y Minero de España—IGME, Unidad de Salamanca, Azufranal 48, 37001 Salamanca, Spain

<sup>b</sup> University of Valladolid—UVA, Department of Analytical Chemistry, Campus Miguel Delibes, Paseo Belén 7, 47011 Valladolid, Spain

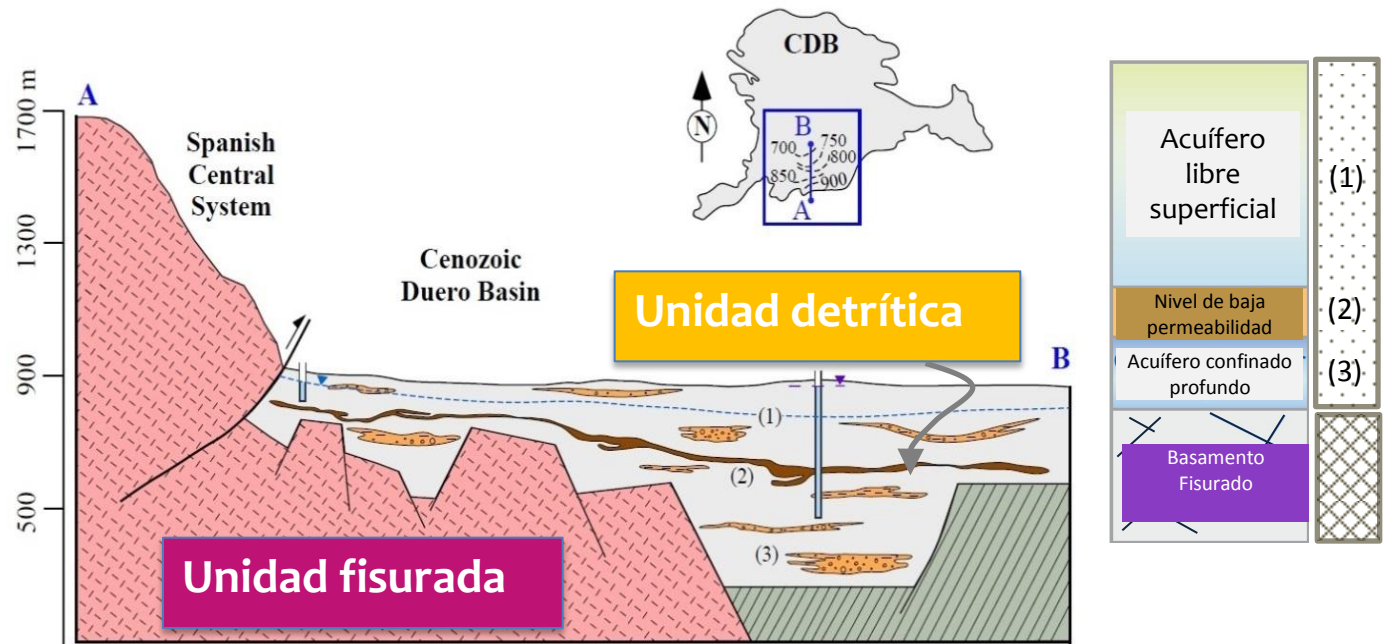




# Cuenca del Duero

Basamento fracturado

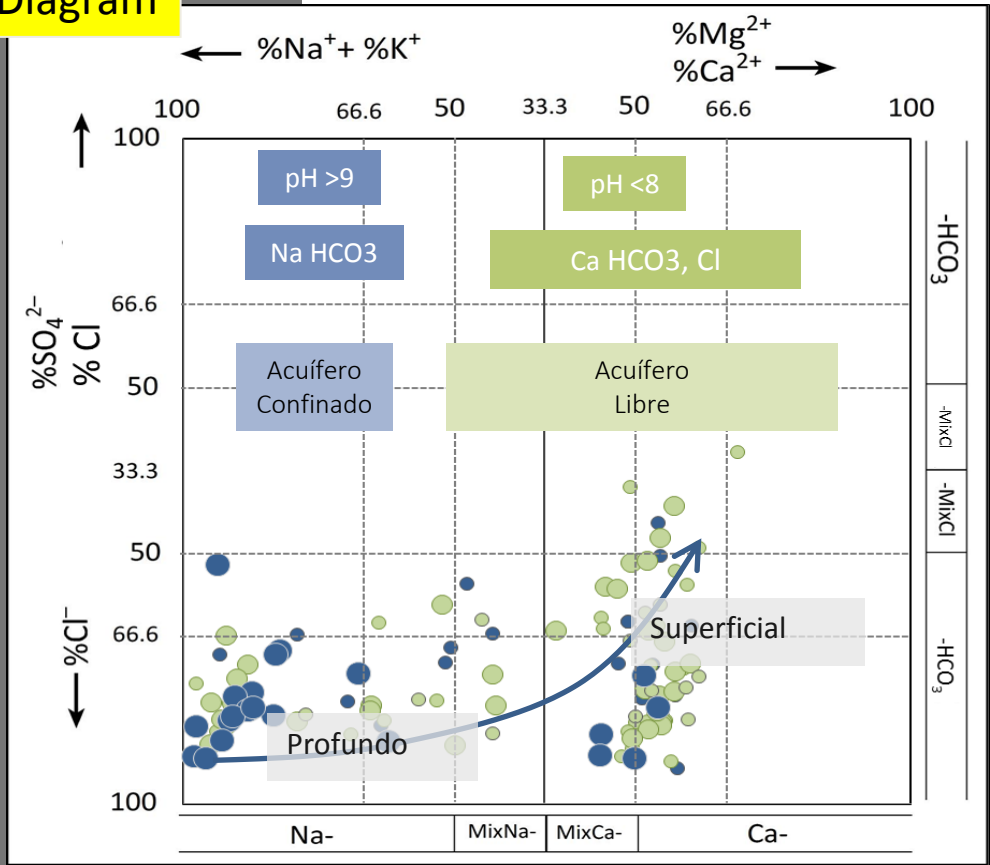
- Impermeable basement*
  - Granitoids
  - Metasedimentary rocks
- Basin-fill sediments*
  - Cenozoic sediments
  - Levels of clay, sand and gravel
  - Intermediate silt-clay level
- Sedimentary boreholes
- Piezometric surface in deep aquifer
- Phreatic surface
- (1), (2) and (3): hydrogeological formations





HFE-Diagram

HIDROGEOLOGÍA

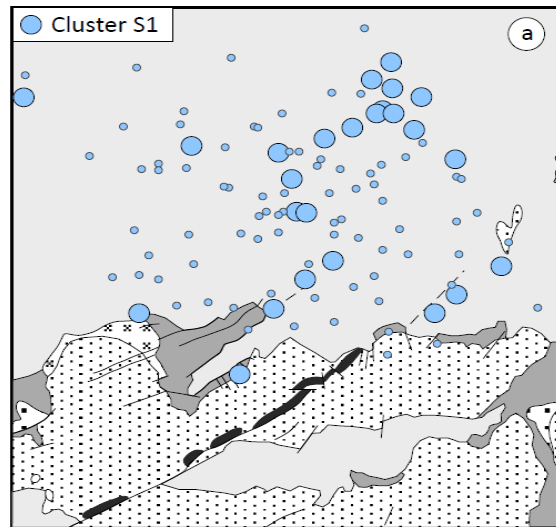
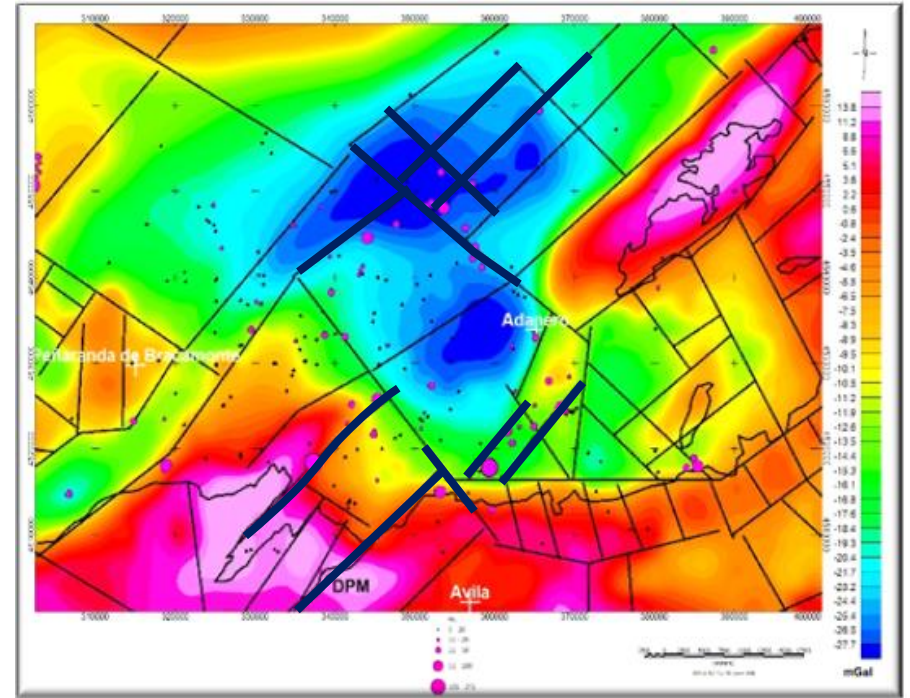
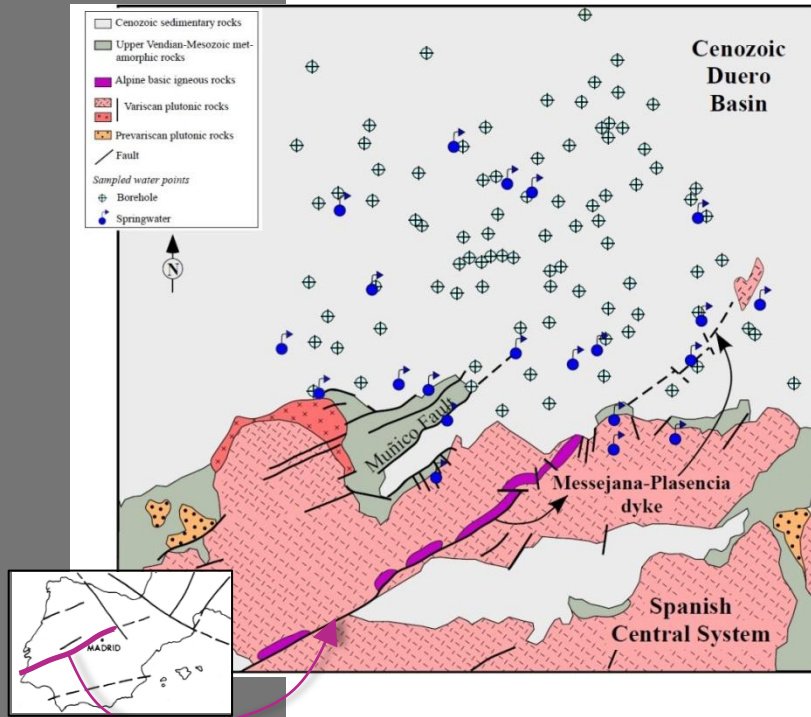


$NaHCO_3$   
 CE ~ 350  $\mu S/cm$   
 pH >9  
 As >50  $\mu g/L$  (cte)  
 T >18°C

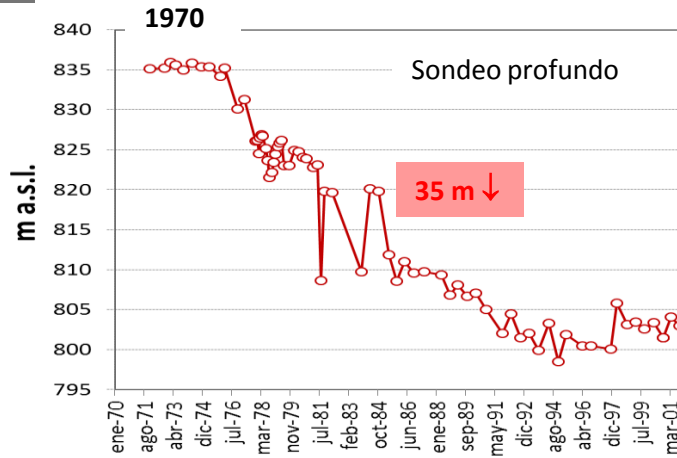
Fuentes primarias de As  
 Aguas de carácter hidrotermal vinculadas al  
 basamento fisurado



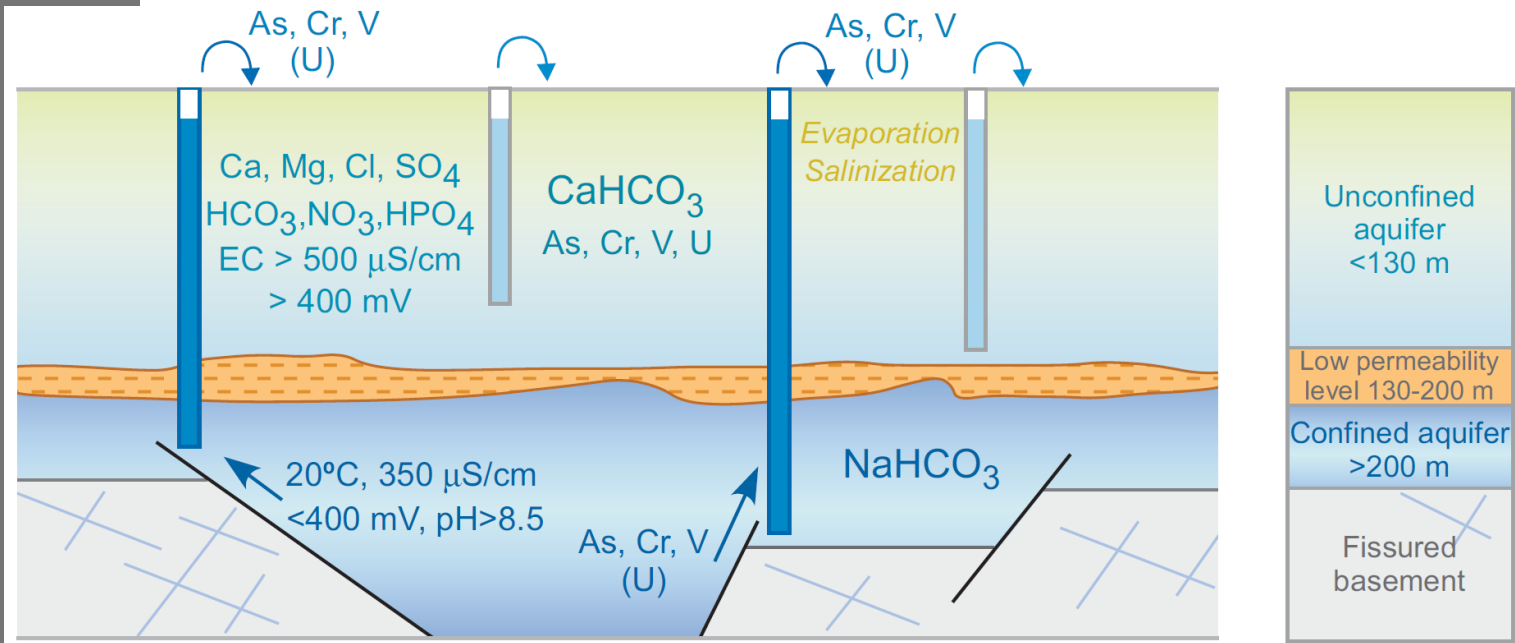
# HIDROGEOLOGÍA



# HIDROGEOTOXICIDAD



- Sobreexplotación del acuífero profundo.
- Incremento de ETGPTs en las aguas subterráneas (As, V, Cr, F, B, etc.).
- Deterioro de la calidad del agua subterránea (Na, pH, ETGPTs).





Olle Selinus



Bob Finkelman



José A. Centeno

# La Geología Médica

*una nueva disciplina...*

La **Geología Médica** se define como la ciencia que trata la relación entre los **factores geológicos** naturales y la **salud** en el hombre y los animales, entendiendo la influencia del ambiente geológico en la distribución geográfica de la salud.

Con una perspectiva más amplia, la **Geología Médica** también trata de los **beneficios** que los recursos naturales tienen sobre la salud humana.



# Objetivos y alcance

- Reconocer la influencia del entorno geológico en la salud humana.
- Identificar y caracterizar las fuentes naturales, perjudiciales o beneficiosas para la salud, en el medio ambiente.
- Comprender las vías por las que las personas entran en contacto con su entorno geológico.



# Sustancias químicas y minerales en la naturaleza

Todas las sustancias son venenosas.  
La dosis correcta diferencia un veneno de un remedio.

*Paracelsus (1493-1541)*



# Déficit/Exceso de Flúor (F)

**0,1 - 1 ppm** favorece el desarrollo de huesos y  
dientes  
**Déficit de Flúor**

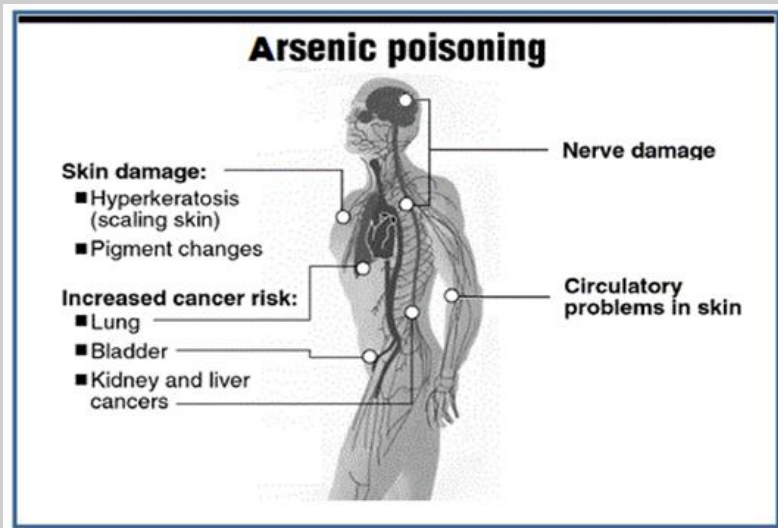


**Flúor**

**Exceso de flúor: *Fluorosis***  
***Dental y Esquelética***  
**< 1.5 mg/L Valor umbral**



# Arsénico



- Ubicuo
- Metaloide
- Antigüedad
- Tóxico
- Medicamentos
- Inorgánicos - tóxicos.

La vía de exposición más importante son los alimentos y el agua potable (incluidas las bebidas hechas con agua potable).



# Arsénico



- La mayor parte del arsénico ingerido es eliminado rápidamente por excreción urinaria.
- Cuando **no** se elimina, el arsénico inorgánico puede acumularse en la piel, los huesos, el hígado, y los músculos.



# Vías de Exposición

- Suelo
- Aire
- Polvo
- Agua



# Suelo



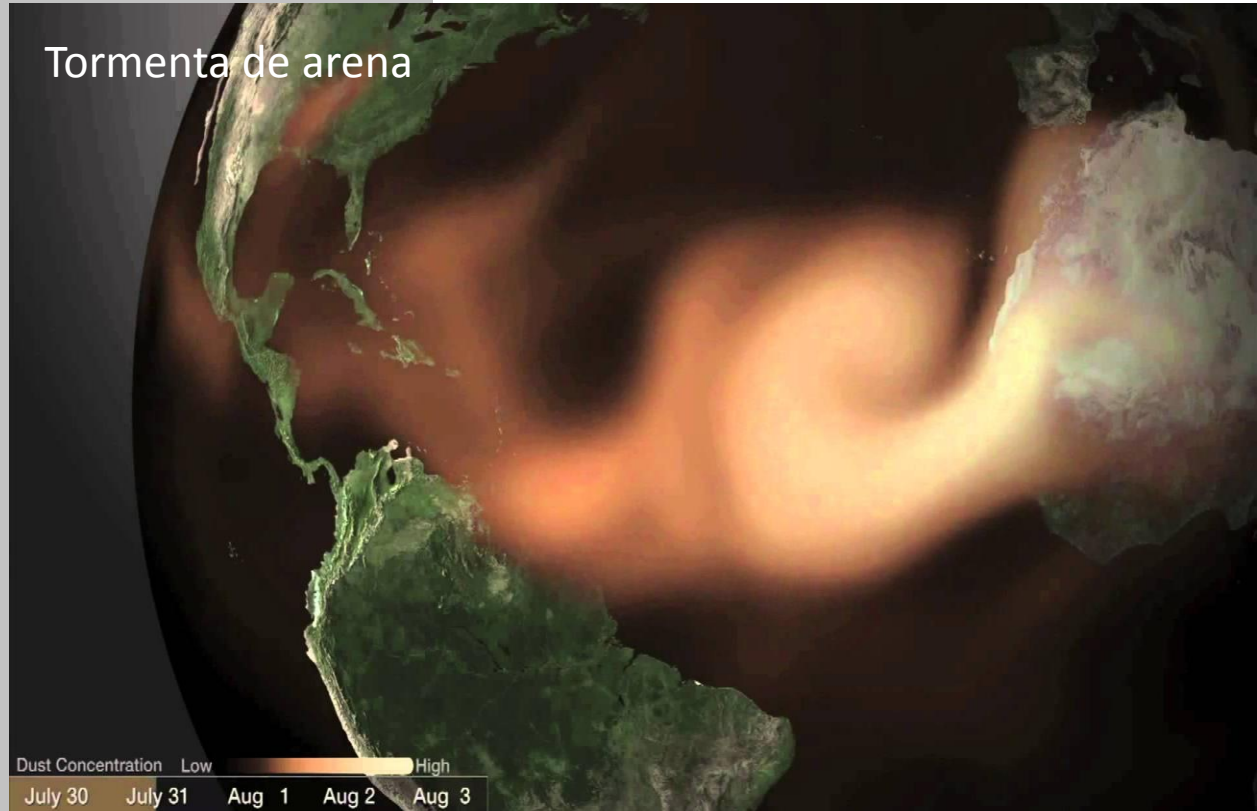
## Geofagia



# Polvo



Tormenta de arena





# Aire



# *Radón (Rn)*

≡ **EL PAÍS**

RADIATIVIDAD >

## **Cerco al gas cancerígeno que invade casas de media España**

La UE obliga al Gobierno a eliminar el radón en viviendas y lugares de trabajo tras 30 años de alertas científicas ignoradas

SONIA VIZOSO

Santiago de Compostela - 15 FEB 2017 - 16:35 CET

# Agua



# Groundwater arsenic calamity in Bangladesh

Ratan Kr. Dhar, Bhajan Kr. Biswas, Gautam Samanta, Badal Kr. Mandal, D. Chakraborti<sup>†</sup>, Shibtosh Roy\*, Abu Jafar\*, Ariful Islam\*, Gulshan Ara\*, Saiful Kabir\*, A. Wadud Khan\*\*, S. Akther Ahmed\*\* and S. Abdul Hadi\*\*

School of Environmental Studies, Jadavpur University, Calcutta 700 032, India

<sup>†</sup>Dhaka Community Hospital, Mailbagh, Dhaka 1219, Bangladesh

\*\*National Institute for Preventive and Social Medicine, Mahakali, Dhaka 1212, Bangladesh

CURRENT SCIENCE, Vol. 73, No. 1, July 10, 1997, pp. 48-59.

Thursday, January 16, 1997

THE DENVER POST

21A

## Bangladesh victim of world's worst mass poisoning

Arsenic-tainted water blamed for sickness, death

By Peter Sotsek  
Special to The Denver Post

DHAKA, Bangladesh —  
The world's worst mass poisoning  
is taking place in Bangladesh,  
where groundwater is tainted  
with arsenic, a toxic substance  
that has caused thousands of  
sicknesses and deaths.

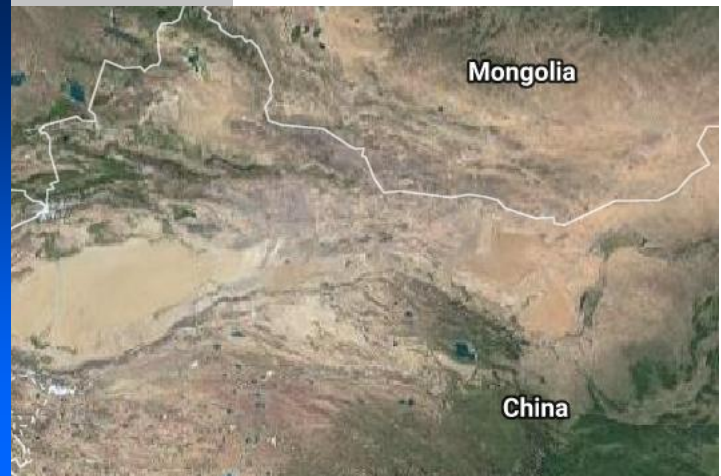
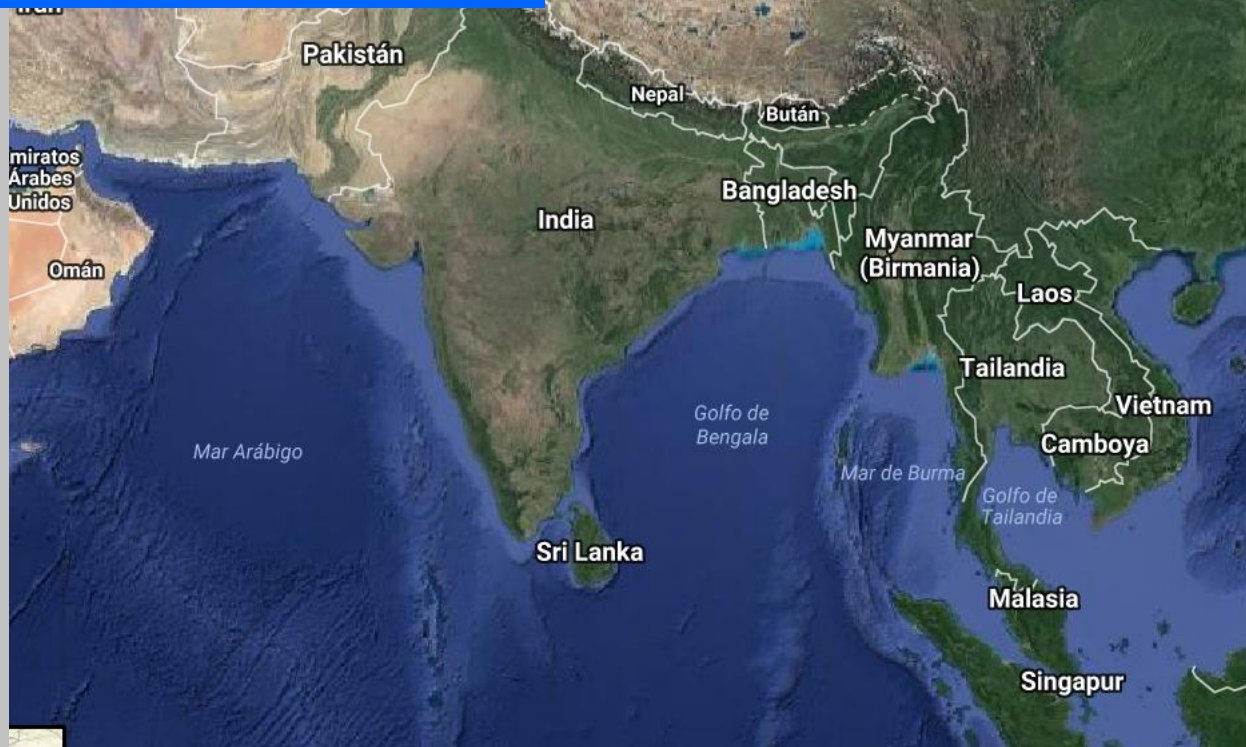
The size of the poisoning is  
unprecedented in the history of  
humanity, according to a  
report by a team of scientists  
from the World Health  
Organization and the  
United States Environmental  
Protection Agency.

The report, which was  
published in the journal  
"Environmental Health  
Perspectives," says that  
arsenic levels in groundwater  
in Bangladesh are as high as  
100 times the safe level.  
The report also says that  
arsenic poisoning is causing  
a variety of health problems,  
including skin lesions,  
neurological damage, and  
cancer.

The report also says that  
arsenic poisoning is causing  
a variety of health problems,  
including skin lesions,  
neurological damage, and  
cancer.

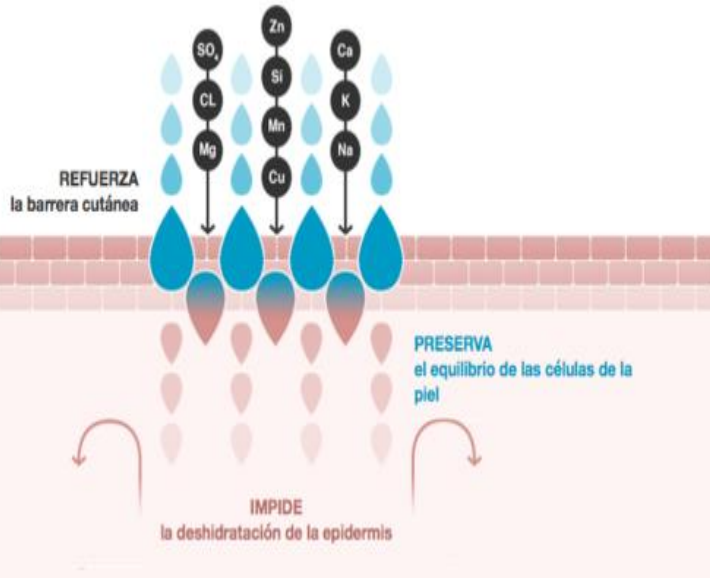
The report also says that  
arsenic poisoning is causing  
a variety of health problems,  
including skin lesions,  
neurological damage, and  
cancer.

THE DENVER POST, Thursday, January 16, 1997

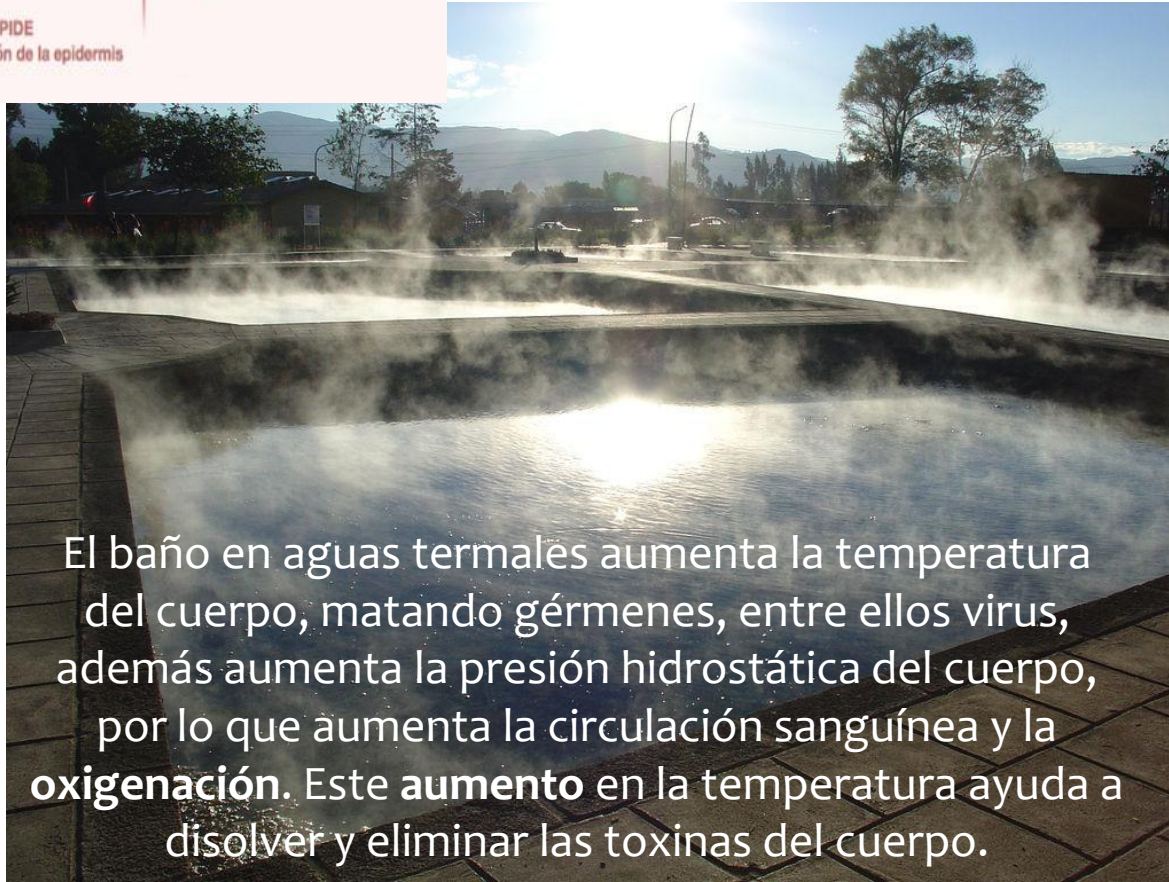




# Agua Termal



## Peloides



El baño en aguas termales aumenta la temperatura del cuerpo, matando gérmenes, entre ellos virus, además aumenta la presión hidrostática del cuerpo, por lo que aumenta la circulación sanguínea y la **oxigenación**. Este **aumento** en la temperatura ayuda a disolver y eliminar las toxinas del cuerpo.



# Historia de la Geología Médica



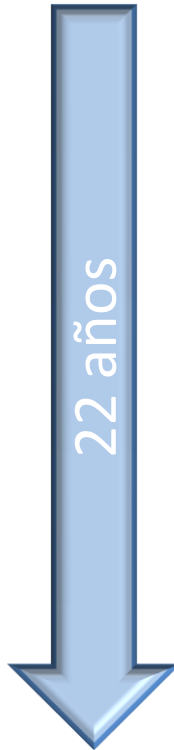
Olle Selinus



Bob Finkelman



José A. Centeno



**1996**

- Se crea un grupo de trabajo en **Geología Médica** por la **IUGS** (International Union for Geological Science).

**2000**

Se establece un proyecto de Geología Médica liderado por **Olle Selinus**.

**2001**

**Robert Finkelman y José A. Centeno** inician cursos monográficos sobre Geología Médica.

**2002**

- Se realizan los primeros **encuentros internacionales de Geología Médica**.

**2005**

- Se publica el libro “**Essentials of Medical Geology**”.

**2006**

Se crea la **Asociación Internacional de Geología Médica** (International Medical Geology Association, **IMGA**).

**2005- 2017**

Cada dos años se desarrolla la serie de **Conferencias Internacionales** sobre Geología Médica.

**MedGeo**

Puerto Rico – Brasil – Uruguay – Italia – USA – Portugal – **Rusia**

2005      2007    2009      2011    2013    2015      2017

# 2016

## Primera Jornada de Geología Médica en España Salamanca, septiembre 2016

**I JORNADA DE GEOLOGÍA MÉDICA EN ESPAÑA**

La Geología Médica: una disciplina emergente

19 de septiembre de 2016, 9:30 horas  
Aula de Grados - Facultad de Ciencias, USAL  
Plaza de los Caídos, Salamanca (España)

"Nuestro entorno natural afecta a nuestra salud"

Organización: IMGA, IGME, USAL, etc.



Instituto Geológico y Minero de España

**Instituto Geológico y Minero de España**  
16 de agosto de 2016

I Jornada de Geología Médica en España (La Geología Médica: una disciplina emergente)  
19 de septiembre de 2016  
Aula de Grados de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca.  
La jornada está organizada por el capítulo español de la International Medical Geology Association (IMGA), el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Universidad de Salamanca (USAL) y cuenta con el patrocinio de diversas instituciones públicas y privadas.

Home | IMGA  
<http://www.medicalgeology.org/>  
[WWW.MEDICALGEOLOGY.ORG](http://WWW.MEDICALGEOLOGY.ORG)

### Salamanca será pionera en los avances de geología médica



**salamanca24horas.com**



August 11, 2016

I Workshop on Medical Geology in Spain: "Medical Geology: an emerging discipline"  
I Jornada de Geología Médica en España: "La Geología Médica: una disciplina emergente"  
September 19, 2016  
Salamanca, Spain  
Announcement

The Spanish Chapter of IMGA, in collaboration with the Spanish Geological Survey (Instituto Geológico y Minero de España, IGME) and University of Salamanca, organize the first workshop on Medical Geology in Spain, with the title "Medical Geology, an emerging discipline." Registration is free. To register write an email to [IMGA-Spain@hotmail.com](mailto:IMGA-Spain@hotmail.com) indicating full name and affiliation. The event announcement is available [online](#).

# IMGA-España

## desde 2015

### Primeras publicaciones en España sobre Geología Médica

Se crea la Red Iberoamericana de Geología Médica GeoMed<sup>IA</sup>

- Argentina
- Bolivia
- Brasil
- Colombia
- España
- México
- Portugal
- Uruguay

**La Geología Médica: una disciplina emergente**  
Medical Geology: An Emerging Discipline  
Geología Médica: una disciplina emergente

José Antonio Centeno / Elena Giménez Forcada / Pilar Peña Ruiz

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la geología médica en Salamanca es el resultado de la cooperación multidisciplinaria de la geología y la medicina en el ámbito de la salud pública y el bienestar de la sociedad. La geología médica es una disciplina emergente que trata del impacto que tienen las actividades y procesos geológicos en la salud humana y ambiental. En este sentido, la geología médica es una disciplina que trata del impacto que tienen las actividades y procesos geológicos en la salud humana y ambiental. En este sentido, la geología médica es una disciplina que trata del impacto que tienen las actividades y procesos geológicos en la salud humana y ambiental.

**I JORNADA DE GEOLOGÍA MÉDICA EN ESPAÑA**

La Geología Médica: una disciplina emergente

Elena Giménez Forcada  
2017

Organización: IMGA, IGME, USAL, etc.

Comité de Geología Médica de España (C.G.M.E.)

La geología médica es una disciplina emergente que trata del impacto que tienen las actividades y procesos geológicos en la salud humana y ambiental. En este sentido, la geología médica es una disciplina que trata del impacto que tienen las actividades y procesos geológicos en la salud humana y ambiental.

El comité de geología médica de España (C.G.M.E.) es un organismo que trata del impacto que tienen las actividades y procesos geológicos en la salud humana y ambiental. En este sentido, la geología médica es una disciplina que trata del impacto que tienen las actividades y procesos geológicos en la salud humana y ambiental.

# 2017



**MedGeo'17 Conference in Moscow**  
Remediate excellence endorsed at the MedGeo'17 Conference in Moscow. This year I had the great opportunity to attend the 7th International Conference...



En la Conferencia Internacional MedGeo'17 celebrada en Moscú en agosto de este año se premia al capítulo español por su capacidad de crecimiento y de expansión

# IMGA-España

## desde 2015

### II JORNADAS DE GEOLOGÍA MÉDICA EN ESPAÑA

octubre de 2017

**Dr. José A. Centeno**  
Co-fundador de la Asociación Internacional de Geología Médica  
U.S. Food and Drug Administration, FDA - Washington

#### SALAMANCA

**Lunes, 16 de octubre**  
11:00 Fac. de Ciencias, USAL - Salón de Actos / 13:00 Fac. de Medicina, USAL - Sala de Grabos  
**Miércoles, 18 de octubre**  
8:30 Hospital Universitario de Salamanca - Salón de Actos

#### MADRID

**Martes, 17 de octubre**  
11:30 Instituto Geológico y Minero de España, IGME - Escuela de Minas (ETSIME) - Salón de Actos

#### GRANADA

**Viernes, 20 de octubre**  
9:30 Facultad de Farmacia, UGR - Aula Magna



Ciencia para la salud y el bienestar

### PROGRAMA

#### Lunes 16 de octubre 2017 - SALAMANCA

Facultad de Ciencias de la USAL, Salón de Actos, 10:00 horas  
10:00 Acto de Inauguración de las II Jornadas de Geología Médica en España. Preside el vicerrector de Investigación y Transferencia de la Universidad de Salamanca, USAL.  
10:15 Presentación a cargo del Decano de la Facultad de Ciencias y de la Directora del Departamento de Geología de la USAL.  
10:30 Conferencia 'Investigación geológica y Geología Médica'. José A. Centeno, FDA, USA.  
Facultad de Medicina de la USAL, Salón de Grados, 13:00 horas  
13:00 Presentación a cargo del Decano de la Facultad de Medicina de la USAL.  
13:15 Conferencia 'Salud y entorno geológico'. José A. Centeno, FDA, USA

#### Martes 17 de octubre 2017 - MADRID

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, Salón de Actos, 10:30 horas  
10:30 Presentación a cargo del Director del Departamento de Investigación en Recursos Geológicos, Instituto Geológico y Minero de España, IGME.  
10:45 Conferencia 'Investigación en Geología Médica. Campos de estudio y perspectivas futuras'. José A. Centeno, FDA, USA.  
12:30 Investigaciones en Geología Médica en España, un ejemplo: 'Hidrogeotoxicidad por arsénico en el borde sur de la Cuenca del Duero'. Elena Gimenez Forcada, IGME, IMGA-España.

#### Miércoles 18 de octubre 2017 - SALAMANCA

Hospital Universitario de Salamanca, Salón de Actos  
8:30 Presentación a cargo del Servicio de Medicina Interna  
8:45 Conferencia 'La Geología Médica: una herramienta clave para la toma de decisiones en salud pública'. José A. Centeno, FDA, USA

#### Viernes 20 de octubre 2017 - GRANADA

Facultad de Farmacia de la UGR, Aula Magna  
9:30 Conferencia 'Geología y Salud'. José A. Centeno, FDA, USA  
10:30 Investigaciones en Geología Médica: encuentro científico.  
12:30 Acto de Clausura de las II Jornadas de Geología Médica en España. Preside el Presidente de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Andalucía Oriental, Ceuta y Melilla.

Inscripción gratuita en cada una de las actividades.  
Para formalizar la inscripción escribir a [IMGA-España@hotmail.com](mailto:IMGA-España@hotmail.com) indicando nombre completo y afiliación, así como fecha y lugar del acto. Si quer desear asistir.

# Capítulo con más socios en todo el mundo



# 2018

<http://www.geologiamedica.org>

✉ [imga-spain@geologiamedica.org](mailto:imga-spain@geologiamedica.org)



## IMGA ESPAÑA

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE GEOLOGÍA MÉDICA

INICIO

IMGA ESPAÑA

SOCIOS

AGENDA

PUBLICACIONES

REPORTAJE GRÁFICO

CONTACTO



## AGENDA IMGA ESPAÑA 2018



**Congreso Ibérico sobre Agua Subterránea, Medio Ambiente, Salud y Patrimonio. Salamanca, 12-15 noviembre 2018.**

**Agenda 2018**

Organizado por AIH-GE y CP, e IMGA-España y PGM.



**Primera Edición Curso Monográfico de Especialización en Geología Médica. Elementos traza: geología, salud e impacto social. Salamanca, 11 de noviembre de 2018.**

**Agenda 2018**

CURSO PRE-CONGRESO organizado por IMGA-España y la asociación nacional Agua, Cultura y Medio Ambiente (ACMA).



# 2018

<http://www.geologiamedica.org>

imga-spain@geologiamedica.org



**IMGA ESPAÑA**

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE GEOLOGÍA MÉDICA

INICIO

IMGA ESPAÑA

SOCIOS

AGENDA

PUBLICACIONES

REPORTAJE GRÁFICO

CONTACTO



## AGENDA IMGA ESPAÑA 2018



**Congreso Ibérico sobre Agua Subterránea, Medio Ambiente, Salud y Patrimonio. Salamanca, 12-15 noviembre 2018.**

**Agenda 2018**

Organizado por AIH-GE y GP, e IMGA-España y PGM.

Congreso Ibérico de Aguas Subterráneas:  
Medio Ambiente, Salud y Patrimonio

Salamanca 12-15 de noviembre

Organizado por la AIH y La IMGA

VIII Centenario de la Universidad de Salamanca

# 2018

<http://www.geologiamedica.org>

imga-spain@geologiamedica.org



**IMGA ESPAÑA**

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE GEOLOGÍA MÉDICA

INICIO

IMGA ESPAÑA

SOCIOS

AGENDA

PUBLICACIONES

REPORTAJE GRÁFICO

CONTACTO



## AGENDA IMGA ESPAÑA 2018

Primera Edición Curso Monográfico de  
Especialización en Geología Médica  
*Elementos traza: geología, salud e impacto social*

Salamanca, 11 de noviembre de 2018

Curso Precongreso



**Primera Edición Curso  
Monográfico de  
Especialización en Geología  
Médica. Elementos traza:  
geología, salud e impacto  
social. Salamanca, 11 de  
noviembre de 2018.**

### Agenda 2018

CURSO PRE-CONGRESO organizado por IMGA-España y la asociación nacional Agua, Cultura y Medio Ambiente (ACMA).

# IMGA-España

## PROGRAMA FUTURO

I nvestigación

F ormación académica universitaria

C onferencias

P ublicaciones <sup>1</sup>

D ivulgación científica

C ongresos

J ornadas

M embresía

B ecas

...



El principal objetivo de la **Geología Médica** es conseguir una **mejor calidad de vida y un mayor bienestar.**

**Geología al servicio de la salud y del bienestar**







IMGA - ESPAÑA



¡Gracias por su atención!