

31 MAR 2022

**Planificación regional: Paisaje y patrimonio, 1ª ed., julio 2021**

PORTADA

ESTUDIOS

E

PLANIFICACIÓN REGIONAL:  
PAISAJE Y PATRIMONIO

JULIÁN MORA ALISEDA  
JOSÉ CASTRO SERRANO  
JACINTO GARRIDO VELARDE  
COORDINADORES

*Aranzadi es una marca de Thomson Reuters (Legal) Limited*

© 2021 [Thomson Reuters (Legal) Limited / Julián Mora Aliseda, José Castro Serrano y Jacinto Garrido Velarde (Coordinadores)]

© Portada: Thomson Reuters (Legal) Limited

*Editorial Aranzadi, S.A.U.*

*Camino de Galar, 15*

*31190 Cizur Menor (Navarra)*

*ISBN: 978-84-1390-857-1*

*DL NA 910-2021*

*Printed in Spain. Impreso en España*

*Fotocomposición: Editorial Aranzadi, S.A.U.*

*Impresión: Rodona Industria Gráfica, SL*

*Polígono Agustinos, Calle A, Nave D-11*

*31013 - Pamplona*

31 MAR 2022

# Planificación regional: Paisaje y patrimonio, 1ª ed., julio 2021

ÍNDICE GENERAL

## *Índice General*

PRÓLOGO

CAPÍTULO 1

### **EU CLIMATE CHANGE POLICIES IMPLEMENTATION ON THE REGIONAL LEVEL. THE EVIDENCE FROM SILESIA PROVINCE (POLAND)**

PROF. JOANNA KUROWSKA-PYSZ Y PROF. JOEL SEPULVEDA

#### **I. Introduction**

#### **II. EU Climate Change Policies**

*2.1. EU Climate Change Policies - Summary*

*2.2. The first steps in EU climate policy*

*2.2.1. Discussions on EU climate policy triggered by the IPCC report in 1990*

*2.2.2. First agreed-upon instruments on renewable energies and energy efficiency*

*2.3. Implementation of Kyoto I*

*2.3.1. European emissions trading scheme introduces emission caps*

*2.3.2. European climate policies target greenhouse gases, renewable energies and energy efficiency*

*2.4. Implementation of Kyoto II - climate and energy package continues the threefold policy approach*

*2.5. The period after 2020*

#### **III. Implementation of Climate Change Policies. The evidence from the Silesian Province (Poland)**

#### **IV. Development of regional policies to prevent climate change based on local solutions. A good practice**

#### **V. Discussion and conclusions**

#### **VI. Bibliography**

CAPÍTULO 2

### **TERCER PAISAJE, ESPACIOS Y TERRITORIOS. ESTUDIO DE CASO**

MARÍA SOTELO PÉREZ Y JOSÉ ANTONIO SOTELO NAVALPOTRO

#### **I. Introducción**

#### **II. Aranjuez, tercer paisaje y espacios en transformación**

#### **III. Análisis espacial del tercer paisaje**

- V. Conclusiones preliminares**
- VI. Recomendaciones**
- VII. Bibliografía consultada**

#### CAPÍTULO 32

### **LA MINERÍA ILEGAL Y EL ACCESO A LA JUSTICIA AMBIENTAL EN EL PARAGUAY**

CLAUDIA JESSICA MOSQUEIRA CESPEDES

- I. Introducción**
- II. Antecedentes del derecho de Acceso a la Justicia Ambiental**
- III. El derecho de acceso a la justicia penal ambiental y el deber de informar como derecho fundamental en la Constitución Nacional Paraguaya de 1992**
- IV. Elementos normativos en la Constitución Paraguaya para la determinación del derecho de acceso a la justicia penal ambiental**
- V. El acceso a la justicia penal ambiental y los tribunales judiciales**
- VI. Acción penal**
- VII. Competencia de los jueces penales de garantías con fuero ambiental**
- VIII. Fallo paraguayo sobre las reservas naturales, la minería y el acceso a la justicia ambiental**
- IX. Legislación Comparada**
- X. Conclusión**
- XI. Referencias bibliográficas**

#### CAPÍTULO 33

### **EL PAISAJE: ALGUNAS PRECISIONES TERMINOLÓGICAS**

JULIÁN MORA ALISEDA, CONSUELO MORA Y JOSÉ CASTRO SERRANO

- I. Introducción**
- II. Definición de paisaje**
- III. Valoración del paisaje**
- IV. Conclusiones**
- V. Agradecimientos**
- VI. Bibliografía**

#### CAPÍTULO 34

### **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS MINERAS ABANDONADAS CON ALTO NIVEL DE TOXICIDAD POTENCIAL EN EXTREMADURA**

JOSÉ MANUEL NARANJO GÓMEZ, JOSÉ CABEZAS FERNÁNDEZ, CARLOS PINTO GOMES Y RUI ALEXANDRE CASTANHO

- I. Introducción**
- II. Material y Métodos**
- III. Resultados**
- IV. Discusión**
- V. Conclusiones**
- VI. Referencias bibliográficas**

31 MAR 2022

## **Planificación regional: Paisaje y patrimonio, 1ª ed., julio 2021**

CAPÍTULO 34 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS MINERAS ABANDONADAS CON ALTO NIVEL DE TOXICIDAD POTENCIAL EN EXTREMADURA

### **Capítulo 34**

#### **Propuesta metodológica para la identificación de áreas mineras abandonadas con alto nivel de toxicidad potencial en Extremadura**

#### **Methodological proposal for the identification of abandoned mining areas with high level of potential toxicity in Extremadura**

**JOSÉ MANUEL NARANJO GÓMEZ<sup>1</sup>**

*Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura, Escuela de Ingenierías Agrarias, 06007, Badajoz, España.*

**JOSÉ CABEZAS FERNÁNDEZ<sup>2</sup>**

*Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra, Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias, 06006, Badajoz, España.*

**CARLOS PINTO GOMES<sup>3</sup>**

*Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento. Escola de Ciência e Tecnologia. MED - Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento, ICT - Instituto de Ciências da Terra, Universidade de Évora, 7005-345, Évora, Portugal.*

**RUI ALEXANDRE CASTANHO<sup>4</sup>**

*Universidad WSB, Facultad de Ciencias Aplicadas, 41-300, Dabrowa Górnicza, Polonia.*

**Resumen:** Propuesta metodológica para la identificación de áreas mineras abandonadas con alto nivel de toxicidad potencial en Extremadura. La contaminación por metales pesados suscita una creciente preocupación en la sociedad, ya que cada vez son más numerosas las enfermedades asociadas a su toxicidad e incluso la muerte. Especialmente, una mayor inquietud se produce en aquellas zonas donde se ha producido una explotación de estos metales. Por este motivo, una metodología se plantea cuyo objetivo es identificar las zonas mineras abandonadas donde se haya explotado algún metal pesado, en la Comunidad Autónoma de Extremadura. Para poder conseguir

este objetivo se ha utilizado información pública y oficial. De ese modo, esta metodología puede ser replicada en otras áreas de estudio. La información alfanumérica fue obtenida de diferentes fuentes de estudio. Posteriormente, se seleccionó aquella que era relevante. A continuación, se gestionó toda la información gráfica encontrada mediante un Sistema de Información Geográfica, donde se asoció la información gráfica a la información alfanumérica. Toda esta información hizo posible que mediante una búsqueda se localizaran cada una de las minas abandonadas en Extremadura y clasificarlas según su nivel de toxicidad potencial según la sustancia o sustancias mineras que habían explotado. Una vez identificadas las zonas potencialmente contaminadas por metales pesados, se podría establecer tratamientos para la eliminación o atenuación de los efectos contaminantes de los metales pesados. A este respecto, se podrían plantear tratamientos de fitorremediación que podrían ser adecuados por su bajo coste económico, por ser naturales y menos agresivos con el medio ambiente.

**Palabras clave:** Metales pesados, minas, riesgo ambiental, Sistemas de Información Geográfica, usos del suelo.

**Abstract:** Methodological proposal for the identification of abandoned mining areas with high level of potential toxicity in Extremadura. Heavy metal contamination is becoming increasingly concerned in society, as there are more and more diseases associated with their toxicity. In particular, there is a greater concern for those areas where these metals have been exploited. For this reason, a methodology is proposed whose objective is to identify in the Autonomous Community of Extremadura, the abandoned mining areas where some heavy metal has been exploited. Public and official information has been used to achieve this goal. In this way, this methodology can be replicated in other areas of study. Alphanumeric information was obtained from different sources of study. Subsequently, the relevant one was selected. All graphic information found through a Geographic Information System was then managed, where the graphical information was associated with alphanumeric information. All this information made it possible for each of the abandoned mines in Extremadura to be located through a search and classified according to their potential toxicity level according to the substance or mining substances they had exploited. Once areas potentially contaminated by heavy metals have been identified, treatments could be established for the elimination or attenuation of the polluting effects of heavy metals. In this regard, phytoremediation treatments could be raised that could be adequate because of their low economic cost, because they are natural and less aggressive with the environment.

**Keywords:** Environmental Risk, Geographic Information Systems, heavy metals, land Uses, mines.

## **. INTRODUCCIÓN**

El mantenimiento de la calidad del suelo es clave para la supervivencia de muchos ecosistemas. Por este motivo, existe una preocupación creciente por la responsabilidad de los seres humanos en la circulación y presencia de metales pesados que contaminan los suelos, ya que pueden originar no sólo grandes secuelas físicas, sino también la muerte en los seres humanos (Ma, Chen, Antoniadis, Wang, Huang y Tian, 2020). Por este motivo, aquellos metales pesados más perjudiciales para la salud humana se han identificado, siendo estos (Murciego et al. 2007): mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), plata (Ag), bismuto (Bi), cobre (Cu), arsénico (As), níquel (Ni), talio (Tl), antimonio (Sb), selenio (Se), estaño (Sn), zinc (Zn), manganeso (Mn) y cobalto (Co). Asimismo, algunos de estos metales pesados se han relacionado directamente con el desarrollo de actividades mineras. Entre ellos destacan el Zn, el Pb, el Tl y el Cu.

La contaminación por Zn está presente en cantidades que pueden ser localmente

importantes en agroquímicos. Este tipo de contaminación se relaciona con actividades mineras, manejo de residuos urbanos, elaboración de aleaciones y metalurgia (Milosavljevic, 2020).

La explotación de yacimientos de Pb origina residuos con alto contenido de este, y cuya presencia ha sido la causa de infertilidad en áreas agrícolas afectadas por esta actividad. La contaminación por este metal pesado se corresponde con actividades mineras e industriales (Kicinska y Wikar, 2021).

Asimismo, las áreas de explotación de sulfuros metálicos se asocian con la contaminación por Tl (JohnPaul, Ayodeji, Xiao, Ning y Liu, 2020). No obstante, también se asocia a la contaminación por aire por el transporte de partículas procedentes de otros procesos de combustión ((Ma, Chen, Antoniadis, Wang, Huang y Tian, 2020).

El Cu es muy utilizado desde años para la fabricación entre otros elementos de conductores eléctricos. Además, es un elemento esencial para los seres vivos, ya que desempeña un papel fundamental en el sistema inmunológico, y la formación de glóbulos rojos (Demir y Yavuz, 2020; Lu, Wang, Ji, Shan y Wu, 2020).

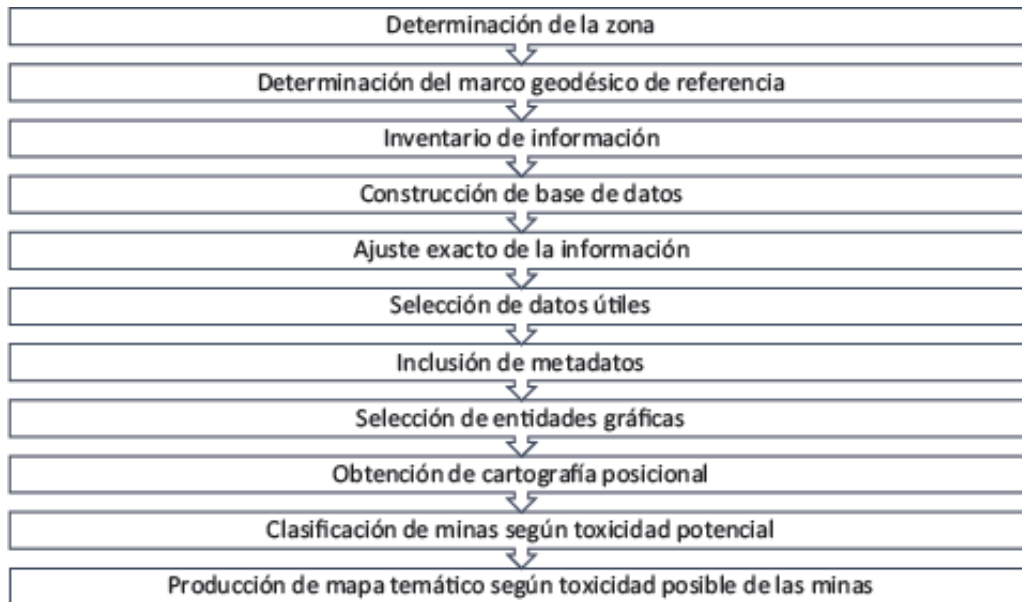
Precisamente, la localización de áreas mineras abandonadas en la Comunidad Autónoma de Extremadura en España constituye la principal motivación de este trabajo. Asimismo, el objetivo específico es la clasificación de las áreas mineras abandonadas según su nivel potencial de toxicidad mediante la elaboración de cartografía temática, clasificando las áreas mineras identificadas según su nivel de toxicidad potencial.

A este respecto, el desarrollo en la explotación de datos geográficos ha posibilitado la consecución de este objetivo. Específicamente, el enorme avance tecnológico en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten gestionar de forma eficaz los datos georreferenciadas, así como la gran disponibilidad de datos ofrecida por diversas fuentes obtenidas en Internet.

## **I. MATERIAL Y MÉTODOS**

A continuación, se describen cada una de las fases realizadas para conseguir los objetivos propuestos.

### **Figura 1. Flujo de trabajo.**



Inicialmente, una fase fundamental que determina la idoneidad y validez de los resultados finales es la definición de la zona que se va a analizar. Para ello, se valoraron diferentes opciones, pero finalmente, se determinó que la mejor para ejecutar el trabajo sería la Comunidad Autónoma de Extremadura, ya que existía abundante y fiable información.

Precisamente, la información utilizada debía estar correctamente georreferenciada, para estar localizada adecuadamente en el espacio mediante coordenadas. Por tanto, la siguiente fase consistió en la definición del marco geodésico de referencia. En España el Real Decreto 1071/2007 de julio regula que el sistema geodésico de referencia oficial debe ser el European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89). Como consecuencia, también es de uso obligatorio en Extremadura. Por este motivo, éste fue el sistema geodésico de referencia utilizado. Además de ser oficial, existe una amplia información en general y particularmente sobre su uso y explotación.

Posteriormente, se llevó a cabo un inventario de la información gráfica y alfanumérica disponible mediante el software de ofimática Microsoft Office. Sin embargo, la información obtenida era muy abundante y teniendo en cuenta que el objetivo primordial del trabajo era ubicar cada una de las minas abandonadas, también era necesario utilizar información georeferenciada, es decir, información cartográfica además de la información alfanumérica. Este problema se solventó utilizando un Sistema de Información Geográfico (SIG) que permite utilizar información cartográfica y gestionar ingente cantidad de información alfanumérica, mediante el software QuantumGIS 3.8. Así, en esta etapa del trabajo se construyó una base de datos gráfica y alfanumérica.

A este respecto, la información encontrada en algunas ocasiones era cartográfica y con información alfanumérica asociada. Pero en otras ocasiones simplemente era cartográfica o bien alfanumérica. Como consecuencia, en algunas ocasiones, fue la información alfanumérica quién nutrió a la información cartográfica y en otros momentos a la inversa. Las fuentes de información utilizadas fueron:



-Sistema de Información Territorial de Extremadura (SITEX). Cartografía topográfica a escala 1:10.000 de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

-Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

a. Información gráfica del mapa Geológico de España a escala 1:50.000.

b. Base de datos de Recursos Minerales que recoge información alfanumérica sobre indicios y explotaciones de rocas y minerales de España.

c. Inventario Nacional de Depósitos de Lodos 2002 que contiene información alfanumérica sobre el tipo de sustancia explotada y las condiciones de los depósitos de lodos.

d. Base de Datos de Indicios o explotaciones de Rocas y Minerales Industriales que suministra como información gráfica los puntos con la localización de los indicios o explotaciones de rocas y minerales industriales, asimismo ofrece entre otra como información alfanumérica relevante la sustancia y el estado de la explotación.

-“Actualización de los trabajos de síntesis contenidos en los fondos documentales del IGME”, información alfanumérica sobre la ubicación y sustancia explotada en algunas minas.

-Catastro minero. Información alfanumérica sobre el tipo de derecho minero, el nombre de la mina, la sustancia explotada, la superficie, la situación general de la explotación y los vértices del derecho de explotación.

-Información alfanumérica mediante el “Inventario de minas y canteras de Extremadura desde un punto de vista minero-ambiental”.

-Sistema de Información Geológico Minero de Extremadura (SIGGEO).

a. Información gráfica mediante servicios WMS para obtención de información gráfica del catastro minero, geología, indicios mineros y patrimonio minero.

b. Ficheros shapefiles en Extremadura de las aguas minerales, catastro minero, cuadrícula minera, indicios mineros, mapa geológico, mapa hidrogeológico, minerales industriales y patrimonio minero.

-[mindat.org](http://mindat.org) que ofrece información alfanumérica sobre los tipos de minerales explotados.

-OneGeology portal documental que ofrece información gráfica y alfanumérica geológica.

-Sede Electrónica del Catastro-Buscador de inmuebles que ofrece información gráfica sobre el contorno de la parcela y subparcelas donde se encuentra una mina, e información alfanumérica sobre la extensión, polígono y parcela.

-“Patrimonio Geológico de Extremadura. Geodiversidad y Lugares de Interés Geológico” obra editada por la Junta de Extremadura que ofrece información alfanumérica sobre

algunas minas consideradas de interés geológico.

-“Estudio del Patrimonio Minero de Extremadura” obra editada por la Junta de Extremadura, realiza un inventario de los elementos y estructuras más significativos de explotaciones mineras. Asimismo, ofrece información gráfica sobre las coordenadas de algunas minas e información alfanumérica sobre la sustancia explotada.

-“Mapa Metalogenético de la Provincia de Cáceres. Escala 1:200.000” obra realizada por el IGME y la Junta de Extremadura, ofrece información alfanumérica sobre las sustancias de las explotaciones mineras en Cáceres.

-“Mapa Metalogenético de la Provincia de Badajoz. Escala 1:200.000” obra realizada por el IGME y la Junta de Extremadura, ofrece información alfanumérica sobre las sustancias de las explotaciones mineras en Badajoz

Todas estas fuentes de información suministraban información referente a la ubicación de una explotación minera abandonada y/o la sustancia/s explotadas. No obstante, respecto a la información gráfica hay que destacar que se gestionó la información ofrecida en diferentes formatos. Las fuentes de información oficiales ofrecen la descarga de datos cartográficos, pero en tres formatos diferentes: 1) archivos Computer-Aided Design (CAD) en DXF, 2) conjuntos de archivos shapefile y 3) geodatabases. Por tanto, se realizó la descarga de ficheros en estos formatos. Finalmente, toda la información cartográfica se incluyó en una geodatabase mediante ArcGis 10.3. Esta operación se realizó utilizando la aplicación Model Builder de ArcGIS 10.3. generando secuencias de herramientas de geoprocésamiento. Además, se lograron imágenes de satélite y ortofotografías, mediante sistemas de descargas o conexiones con Web Map Services (WMS). Siempre comprobándose que estuvieran sobre el marco geodésico de referencia, y si la resolución espacial estaba dentro de la tolerancia gráfica. Además, aquellas imágenes que no tenían una adecuada resolución radiométrica fueron desechadas.

Una vez obtenida la información, el siguiente paso necesario fue realizar una relación de los conjuntos de datos mediante un ajuste exacto de la información. Precisamente, una de las capacidades más importantes de los SIGs consiste en relacionar conjuntos de datos distintos. Incluso aunque estos los datos provengan de diferentes fuentes de información. Estos conjuntos se pueden ajustar de tres formas diferentes, mediante un ajuste exacto, jerárquico o difuso.

Precisamente, en nuestro proyecto se trabajó con distintas variables relativas a los mismos elementos geográficos. Por tanto, debimos utilizar una sola base cartográfica y varios atributos o variables referidos a esa única base cartográfica, utilizando como consecuencia el ajuste exacto. Como consecuencia, almacenamos información alfanumérica de distintas variables referidas a diferentes fuentes de información, pero siempre sobre las entidades gráficas de un mismo mapa base.

Esta tarea se realizó utilizando nuevamente QuantumGIS 3.8. junto con Microsoft Office 2016 (Microsoft Word, Excel y Access) observando los metadatos de las diferentes fuentes de información, teniendo en cuenta el sistema de referencia utilizado, si el sistema de referencia era distinto al utilizado en la cartografía base del proyecto se

procedía a su transformación.

No obstante, la utilización del ETRS89 en el huso 29 acarreó dos problemas. El primer problema fue la existencia de cartografía en el huso 30 de algunas fuentes de información. La solución fue la transformación de esta cartografía al huso 29, utilizando el software especializado para este cometido *Feature Manipulation Engine* (FME) Desktop 2019.2.1. Este mismo software se utilizó para solventar el segundo problema que consistía en la existencia de cartografía también relevante para el proyecto, pero en *European Datum 1950* (ED50), es decir, el antiguo sistema de referencia geodésico empleado en España y que precisamente fue sustituido por el sistema ETRS89. En este caso, la solución residió en transformar la cartografía de ED50 a ETRS89, empleando la rejilla obtenida en formato NTV2 de los documentos generados por el *Grupo de Trabajo - ETRS89 del Gobierno de España*, del Ministerio de Fomento (<https://www.fomento.gob.es/organos-colegiados/consejo-superior-geografico/csg/etrs89/etrs89-nuevo-sistema-de-referencia-geodesico-oficial-en-espana>).

Asimismo, la cartografía resultante proveniente de la resolución de los dos problemas anteriores fue comprobada mediante el uso del software QuantumGIS 3.8. Inicialmente, se comprobó su ajuste exacto con cartografía ya existente en el huso 29. No obstante, si no existía esta posibilidad se emplearon ortofotografías y elementos de coordenadas conocidas con consistencia temporal, espacial y dimensional, en forma de puntos homónimos, destacando el uso de vértices geodésicos.

No obstante, las operaciones anteriores posibilitaron disponer de ingente cantidad de información cartográfica y alfanumérica suministrada por las fuentes encontradas y que se determinaron como suficiente. Sin embargo, también fue necesario seleccionar que datos eran útiles para cada uno de los objetivos planteados. A este respecto, específicamente para obtener la ubicación de las minas abandonadas se filtró la información de las fuentes de información: 1) SITEX, cartografía a escala 1:10.000, 2) IGME, Mapa Geológico de España, 3) Catastro minero, 4) SIGGEO, 5) Sede Electrónica del Catastro, 6) Mapa Metalogenético de la Provincia de Badajoz y Cáceres. Asimismo, fue necesario seleccionar los datos necesarios para determinar la sustancia explotada de las fuentes de información: 1) IGME, Mapa Geológico de España, base de datos de Recursos Minerales, Inventario de Depósito de Lodos, base de datos de Indicios o Explotaciones de Rocas y Minerales Industriales, "Actualización de los trabajos de síntesis contenidos en los fondos documentales del IGME", 2) Catastro minero, 3) SIGGEO, 4) [mindat.org](http://mindat.org), 5) OneGeology, 6) "Patrimonio Geológico de Extremadura", 7) "Estudio del Patrimonio Minero de Extremadura", 8) Mapa Metalogenético de la Provincia de Badajoz y Cáceres.

Una vez reunida toda la información gráfica, se incluyeron todos los metadatos en una base de datos. A continuación, se fue revisando mediante software de ofimática Microsoft Office la información alfanumérica, especialmente los modelos de datos y las estructuras de datos. Después, toda la información alfanumérica que podía ser utilizada, fue catalogada, incorporándose también a la base de datos. Finalmente, el conjunto de toda la información se fue identificando y clasificando la información geográfica en función los componentes que servirían para el análisis. De ese modo, se filtró información determinándose cuál podría responder al componente temático, espacial y

temporal. Para lograrlo se utilizaron consultas mediante Structured Query Language (SQL). En esta fase se utilizó Microsoft Office 2016 (Microsoft Word, Excel y Access).

La geodatabase obtenida disponía de gran cantidad de información difícil de gestionar, pero el registro del modelo de datos y estructuras de datos utilizados por las fuentes de origen hizo posible su utilización para seleccionar aquellas entidades gráficas (puntos, líneas o polígonos) e incluso topónimos que hacían referencia a minas abandonadas. Esta operación también se ejecutó con Model Builder obteniendo un fichero shapefile compuesto por un conjunto de ficheros: un fichero cartográfico con extensión .shp, un fichero de la base de datos .dbf y un fichero de enlace de cada elemento alfanumérico con la entidad gráfica representativa o a la inversa .shx.

Una vez que se lograron localizar las minas abandonadas, para algunas de ellas se desconocía los minerales pesados que habían sido explotadas. Como consecuencia, se realizaron consultas a las fuentes información alfanumérica residentes en la base de datos y se determinaron cuales disponían de información relevante. Después, esta información consistente en los metales pesados que habían sido explotados en cada mina fue incorporada a un fichero shapefile. De hecho, los resultados obtenidos fueron una base de datos robusta con el nombre de las minas abandonadas, su nombre o nombres, el metal o metales pesados provenientes de las sustancias previamente explotadas y las coordenadas planimétricas X,Y en el marco geodésico de referencia del proyecto.

Además, de esta información alfanumérica se creyó indispensable obtener un mapa que representaba para la Comunidad Autónoma de Extremadura, la posición de las minas.

El último paso consistió en clasificar las minas localizadas según su grado de potencial toxicidad. Para ello se utilizó la sustancia o sustancias que habían sido explotadas en cada una de ellas y que ya estaban registradas en la base de datos. Estas sustancias fueron clasificadas según su grado de potencial toxicidad, utilizando la categorización realizada por Wood (1974) para los metales pesados en tres categorías: 1) no crítico, 2) tóxico insoluble, 3) muy tóxico.

**Tabla 1. Clasificación de Wood (1974) para metales pesados según su grado de toxicidad potencial.**

No crítico	Tóxico insoluble	Muy tóxico
Na, C, F, K, P, Li, Mg, Fe, Rb, Ca, S, Sr, H, Cl, Al, o, Br, Si, N	Be, As, Au, Co, S, Hg, Ni, Te, Cu, Pd, Pb, Zn, Ag, Sb, Sn, Cd, Bi, Pt	Ti, Ga, Hf, La, Zr, Os, W, Rh, Nb, Ir, Ta, Ru, Re, Ba.

En este procedimiento se realizaron consultas de selección mediante SQL a la base de datos. También al igual que antes en el procedimiento de identificación de las minas, se consideró indispensable producir un mapa en este caso temático clasificando cada una de las minas identificadas según el grado de toxicidad potencial.

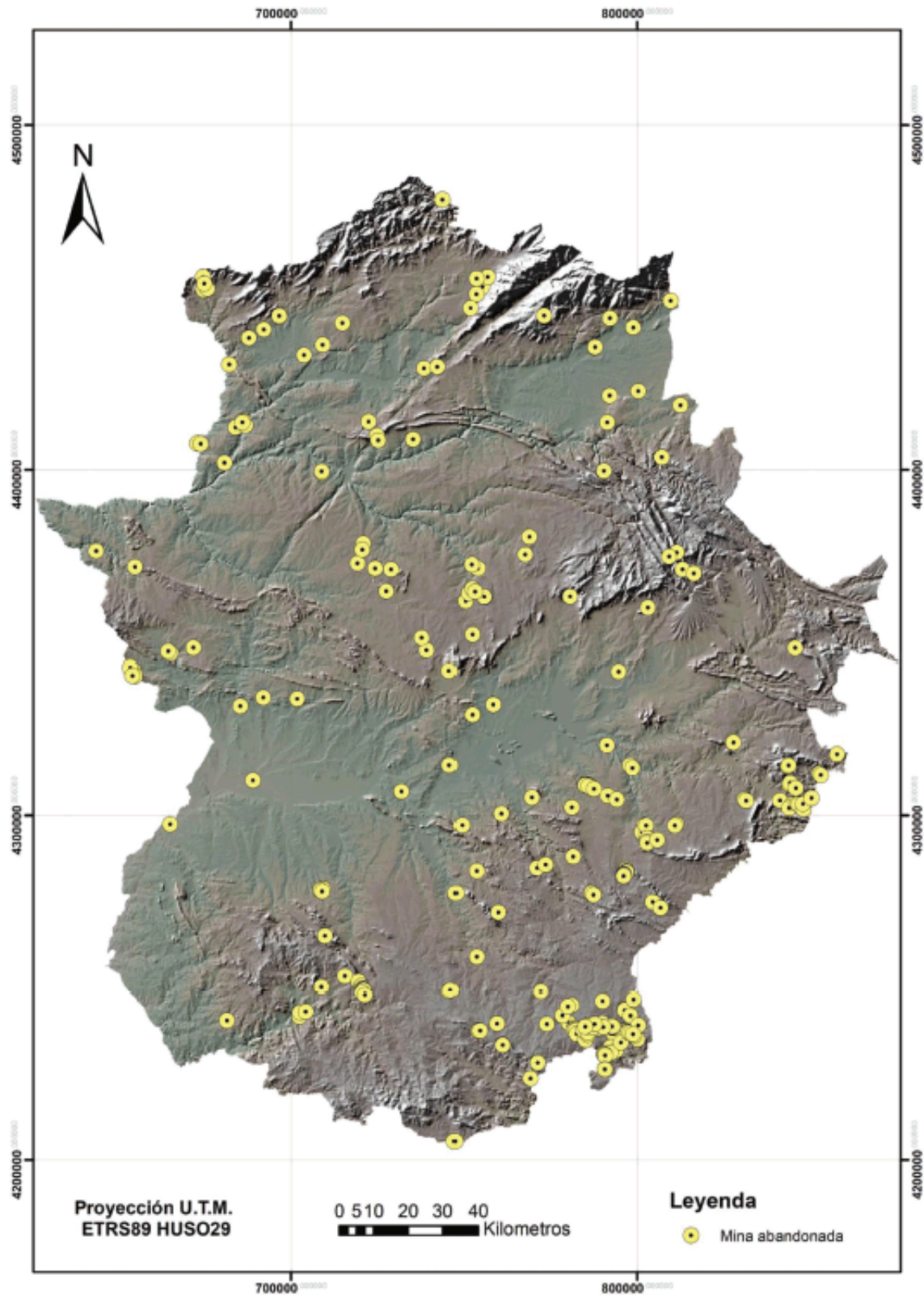
## II. RESULTADOS

A partir de la metodología desarrollada y bajo los objetivos planteados se obtuvieron cuatro resultados fundamentales: una base de datos con las minas abandonadas, un mapa con la ubicación de las minas abandonadas, una base de datos con las minas clasificadas según su toxicidad potencial y un mapa temático de las minas abandonadas también según su toxicidad potencial.

En primer lugar, una base de datos con las minas abandonadas con su nombre, sustancia explotada, procedencia de los datos y coordenadas X,Y. En total se identificaron 271 áreas mineras abandonadas.

En segundo lugar, un mapa con la posición de las minas abandonadas en toda Extremadura en proyección UTM ETRS89 HUSO 29.

**Figura 2. Mapa con la ubicación de las minas abandonadas en Extremadura.**

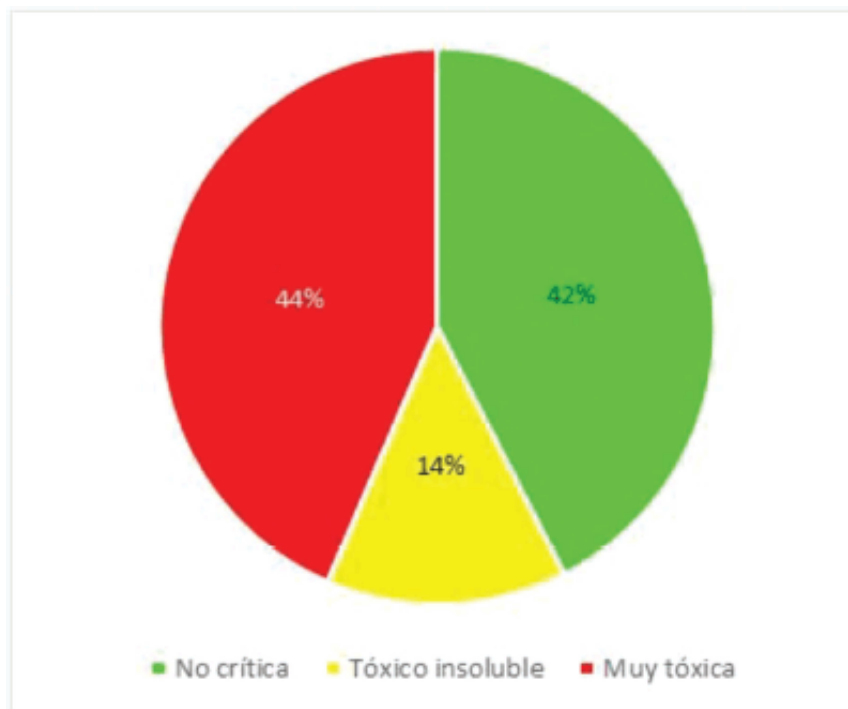


La **Figura 2** no muestra ningún patrón en cuanto a la distribución de las minas abandonadas en Extremadura. No obstante, existen características a tener muy en cuenta. En este sentido, la concentración del número de minas en los valles de los ríos Guadiana y Tajo es muy baja. Asimismo, hay mayor número de minas abandonadas en la mitad este de Extremadura. También, hay mayor número de minas abandonadas en la

provincia de Badajoz. Precisamente, en la parte sur y este es donde se concentran el mayor número de minas abandonadas, ya que existen dos zonas, ambas situadas en la parte este, y limítrofes con otras Comunidades Autónomas donde se acumulan gran cantidad de áreas mineras abandonadas. La primera zona se encuentra entre los municipios de Siruela y Cabeza del Buey, y la segunda en el municipio de Azuaga.

En tercer lugar, se logró formar una base de datos con las minas abandonadas, pero además clasificadas según la toxicidad de la sustancia/s explotada/s. A partir de la base de datos dónde se identificaban las minas abandonadas y siguiendo la clasificación de Wood se identificaron 115 minas cuya contaminación potencial era no crítica, 38 minas con tóxico insoluble y 118 minas con contaminación potencial muy tóxica.

**Figura 3. Proporción de minas abandonadas según toxicidad potencial.**

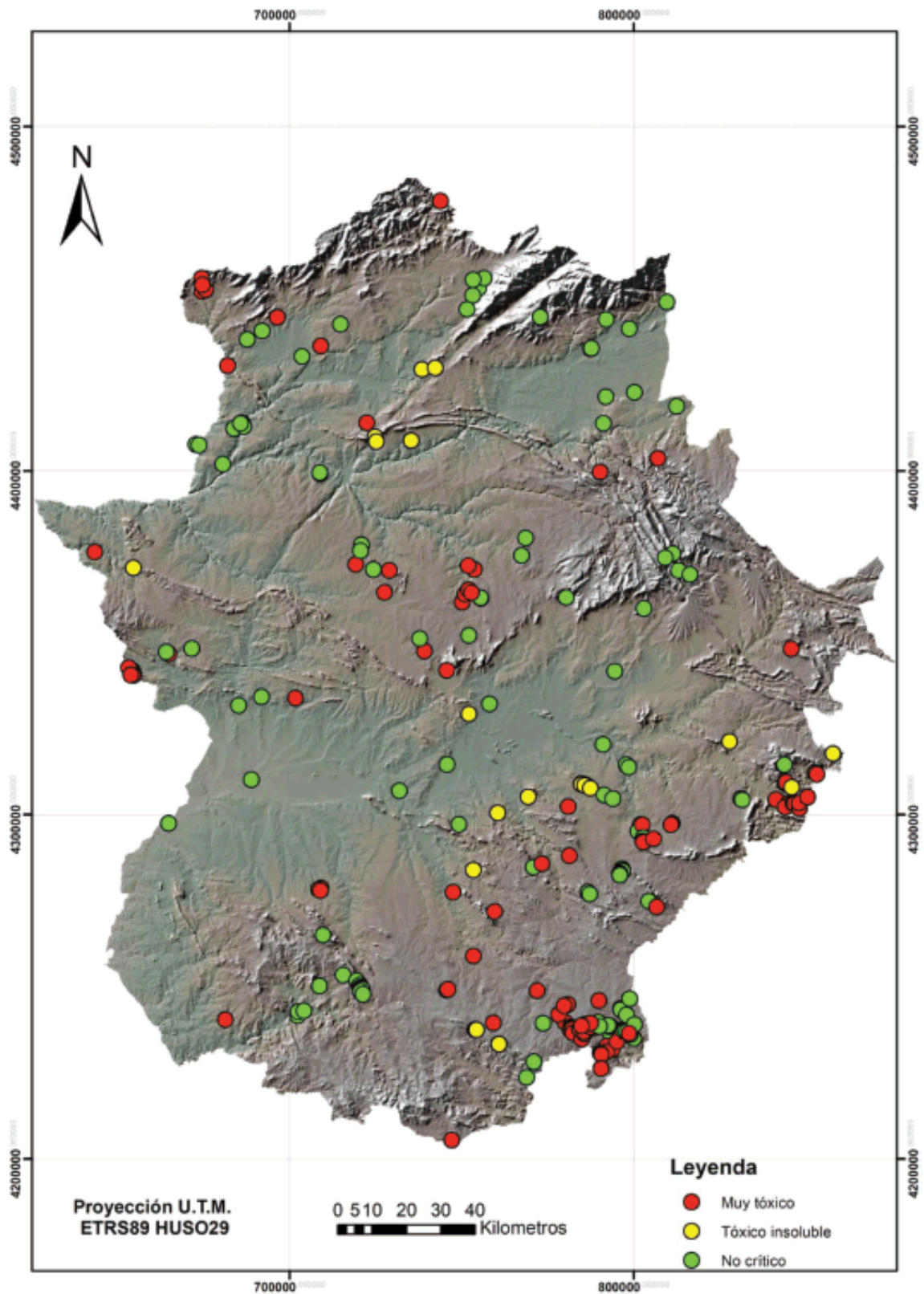


A partir de la **Figura 3** se puede considerar que las minas con muy tóxica potencialidad constituyen la mayor proporción. Asimismo, esta proporción es prácticamente la misma que para las minas menos tóxicas, es decir, con sustancia no crítica. Esta polarización hace que la proporción de minas con tóxico insoluble sea prácticamente residual.

Finalmente, se obtuvo un mapa temático con las minas abandonadas clasificadas por Wood según la toxicidad de la sustancia/s explotada/s.

**Figura 4. Mapa temático por toxicidad potencial de las minas abandonadas en Extremadura.**





Nuevamente, la **Figura 4** no muestra un patrón determinado. Sin embargo, se aprecia la considerable acumulación de minas potencialmente muy tóxicas en las zonas donde se aprecia mayor concentración de minas abandonadas, es decir, entre los municipios de Siruela y Cabeza del Buey, y la segunda en el municipio de Azuaga. También destaca que exista un número considerable de minas potencialmente muy tóxicas en el cuadrante



sureste. Por tanto, se puede afirmar que en esta zona de Extremadura es donde existe mayor toxicidad potencial por minas abandonadas. No obstante, también destaca que en la zona centro exista una concentración también de minas potencialmente muy tóxicas alternándose con un número considerable de minas potencialmente no críticas.

## **V. DISCUSIÓN**

La ausencia de un patrón determinado en cuanto a la distribución de las minas abandonadas potencialmente tóxicas en Extremadura podría obedecer a diferentes factores y condicionantes que podrían ser objeto de estudio en futuras investigaciones, constituyendo este aspecto un factor limitante de este trabajo realizado.

En cuanto a las minas con mayor toxicidad potencial, éstas deberían acoger las mayores medidas de mitigación y prevención de la posible contaminación por metales pesados. A este respecto, la concentración de minas abandonadas con alta toxicidad potencial en determinadas áreas favorecerá que las mismas medidas de mitigación se puedan aplicar en zonas específicas. Sin embargo, cuando las minas abandonadas y de alta toxicidad potencial se encuentran diseminadas, habría que aplicar las mismas medidas, pero repetidamente para cada una de las regiones donde se encuentran las minas puntualmente localizadas en el espacio. Por tanto, sería factible aplicar las mismas medidas contra la contaminación potencial entre los municipios de Siruela y Cabeza del Buey, y en el municipio de Azuaga. Pero no en el resto de áreas mineras abandonadas con muy alta toxicidad potencial.

## **VI. CONCLUSIONES**

La distribución de las minas abandonadas es aleatoria y no sigue ninguna tendencia en el espacio geográfico. Por tanto, en el futuro podrían aparecer más minas abandonadas, pero podría ser en cualquier parte de Extremadura. Asimismo, el agua potable parece estar difícilmente amenazada, pues la presencia de minas con potenciales efectos perniciosos para la salud en las proximidades de los principales ríos es exigua. Si bien es cierto que existe una concentración de minas con potenciales efectos muy tóxicos en dos regiones muy concretas. Incluso, se podrían producir sinergias negativas para la salud humana entre las minas. Por este motivo, se deberían concentrar los primeros esfuerzos remediadores de la potencial contaminación en estas áreas.

Existe un número considerable de minas abandonadas en Extremadura con posibles efectos negativos sobre la salud de los seres humanos. Este número puede constituir un excelente indicador de la intensa actividad minera que se produjo en esta región en años antes. Asimismo, este dato adquiere una tremenda importancia, ya que prácticamente existe el mismo número de minas abandonadas con escasos efectos potenciales tóxicos y minas con posibles efectos muy críticos, indicándose de ese modo que la actividad minera previa en esta región no puede ser considerada como muy perniciosa o muy poco nociva para la salud humana, sino que parece haber sido indiferente a esta consideración. No obstante, aunque ligeramente superior, la mayor proporción corresponde a minas abandonadas con los efectos más perniciosos para los seres humanos. Por tanto, se puede afirmar que el mayor número de minas abandonadas

podrían tener efectos muy dañinos para la salud de los residentes en Extremadura.

## **I. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Catastro minero  
“<https://geoportal.minetur.gob.es/CatastroMinero/BusquedaAlfanumerica>” (10-12-2020).
- Demir, F. T., & Yavuz, M. (2020). Heavy metal accumulation and genotoxic effects in levant vole (*Microtus guentheri*) collected from contaminated areas due to mining activities. *Environmental Pollution*, 256. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113378.
- Instituto Geológico y Minero de España (a). Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 “<https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50.aspx>” (10-12-2020).
- (b). Base de datos de Recursos Minerales “<http://doc.igme.es/bdmin/>” (10-12-2020).
  - (c). Inventario Nacional de Depósitos de Lodos 2002 “[http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx#IGME\\_InventarioBalsas](http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx#IGME_InventarioBalsas)” (10-12-2020).
  - (d). Base de Datos de Indicios o explotaciones de Rocas y Minerales Industriales “[http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx#IGME\\_BDMIN\\_Explotaciones](http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx#IGME_BDMIN_Explotaciones)” (10-12-2020).
- Geoprin, S. A. (1982). Actualización de los trabajos de síntesis contenidos en los fondos documentales del I.G.M.E. (pp. 297). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. Dirección de Planificación y Gestión. Servicio de Informática, Documentación y Difusión.
- JohnPaul, A. A., Ayodeji, L. T., Xiao, T., Ning, Z., & Liu, Y. (2020). Toxicity, uptake, potential ecological and health risks of Thallium (Tl) in environmental media around selected artisanal mining sites in Nigeria. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. doi: <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1796994>.
- Junta de Extremadura. Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio. Sistema de Información Territorial de Extremadura (SITEX) “<http://sitex.gobex.es/SITEX/centrodescargas/viewsubcategoria/7#>” (10-12-2020).
- Junta de Extremadura. Consejería de Industria, Economía y Medio Ambiente. (2008). Inventario de minas y canteras de Extremadura desde un punto de vista minero-ambiental (pp. 20). Mérida: Junta de Extremadura.
- (2009). Estudio del Patrimonio Minero de Extremadura: Geodiversidad y lugares de Interés Geológico (pp. 236). España.
  - (2010). Patrimonio Geológico de Extremadura: Geodiversidad y Lugares de Interés Geológico (pp. 477). España.

- Kicinska, A., & Wikar, J. (2021). Ecological risk associated with agricultural production in soils contaminated by the activities of the metal ore mining and processing industry - example from southern Poland. *Soil & Tillage Research*, 205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104817>.
- Lu, Z., Wang, S., Ji, C., Shan, X., & Wu, H. (2020). Evaluation of metal pollution-induced biological effects in Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* by NMR-based metabolomics. *Marine Pollution Bulletin*, 150. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110688.
- Ma, J., Chen, Y., Antoniadis, V., Wang, K., Huang, Y., & Tian, H. (2020). Assessment of heavy metal(loid)s contamination risk and grain nutritional quality in organic waste-amended soil. *Journal of Hazardous Materials*, 399, 123095. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123095>.
- Mindat.org "<https://www.mindat.org/>" (10-12-2020).
- Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Geológico y Minero de España, & Junta de Extremadura. Consejería de Economía y Trabajo, (2006). Mapa Metalogenético de la Provincia de Badajoz. Escala 1:200.000. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. España.
- Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Geológico y Minero de España, & Junta de Extremadura. Consejería de Economía y Trabajo, (2006). Mapa Metalogenético de la Provincia de Cáceres. Escala 1:200.000. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. España.
- Milosavljevic, J. S., Serbula, S. M., Cokesa, D. M., Milanovic, D. B., Radojevic, A. A., Kalinovic, T. S., & Kalinovic, J. V. (2020). Soil enzyme activities under the impact of long-term pollution from mining-metallurgical copper production. *European Journal of Soil Biology*, 101, 103232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103232>.
- Murciego, A. M., García, A., Rodríguez, M. A., Pinilla, E., Toro, C., Cabezas, J., & Buyolo, T. (2007). Antimony distribution and mobility in topsoils and plants (*Cytisus striatus*, *Cistus ladanifer* and *Dittrichia viscosa*) from polluted Sb-mining areas in Extremadura (Spain). *Environmental Pollution*, 145(1), 15-21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.04.004>.
- OneGeology "<http://portal.onegeology.org/OnegeologyGlobal/>" (10-12-2020).
- Sede Electrónica del Catastro "<https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?buscar=S>" (10-12-2020).
- Sistema de Información Geológico Minero de Extremadura (SIGGEO)(a) "<http://sigeo.juntaex.es/portalsigeo/web/guest/servicios-wms>" (10-12-2020).
- Sistema de Información Geológico Minero de Extremadura (SIGGEO)(b) "<http://sigeo.juntaex.es/portalsigeo/web/guest/descargas-shp>" (10-12-2020).
- Wood, J. (1974). Biological cycles for toxic elements in the environment. *Science*,

1. Este trabajo fue posible gracias a la beca de movilidad al personal docente e investigador de la Universidad de Extremadura y de los Centros Tecnológicos de la Comunidad Autónoma de Extremadura en centros extranjeros de enseñanza superior y/o investigación para el año 2019 (número de expediente B23).

La presente publicación ha sido posible gracias a la financiación concedida por la Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital de la Junta de Extremadura y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional de la Unión Europea a través de la ayuda de referencia GR18052.

2. La presente publicación ha sido posible gracias a la financiación concedida por la Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital de la Junta de Extremadura y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional de la Unión Europea a través de la ayuda de referencia GR18054.

3. El trabajo ha sido posible gracias al Instituto de Ciências da Terra (ICT) y al Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento (MED) de la Universidad de Évora.

4. El proyecto está financiado por el programa del Ministerio de Ciencia y Educación Superior titulado "Regional Initiative of Excellence" en 2019-2022, proyecto número 018/RID/2018/19, la cantidad de financiación PLN 10 788 423,16.

No copyright found.