



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
(ICAI)**

Cátedra Rafael Mariño de Nuevas Tecnologías Energéticas

**RECURSOS MINERALES PARA LA INDUSTRIA  
ESPAÑOLA. ANÁLISIS DE LA NUEVA  
MOVILIDAD**

Autores:

Beatriz Yolanda Moratilla Soria

José Antonio Sáenz de Santamaría Benedet

Álvaro Alonso Martínez de Salinas

Arturo Martín Colino

# ÍNDICE

## **1. Introducción**

## **2. Identificación de materias primas relevantes para la transición energética de la industria y la movilidad**

2.1. ¿Qué entiende la Unión Europea por materias primas críticas?

2.2. Dependencia de la industria de las materias primas críticas y estratégicas

2.3. Caso estudio: la movilidad en la transición energética

2.3.1. Situación actual del vehículo eléctrico en España.

2.3.2. Materias primas requeridas para el vehículo eléctrico.

## **3. Localización en España de los recursos minerales para la transición energética**

3.1. Análisis de los recursos mineros de M.P.E./c.

3.1.1. El caso de la Mina de Penouta (Ourense).

3.2. Análisis de los recursos mineros de M.P.E./c. en el Cinturón Ibérico desde el punto de vista geológico.

3.3. La explotación minera y las producciones históricas.

3.4. Análisis de los recursos mineros M.P.E./c. La infraestructura geológica española.

3.4.1. Galicia y Asturias. Indicios de M.P.E./c.

3.5. Análisis de los recursos mineros M.P.E./c. Conclusiones.

## **4. Conclusiones**

## **5. Referencias**

## **6. Anexos:**

**Anexo I: Mapas geológicos de Asturias**

**Anexo II: Mapas geológicos de Galicia**

# Capítulo 1

## Introducción

El objeto de este trabajo, realizado para la Fundación Corell, es el de presentar datos objetivos sobre la riqueza existente en España de las materias primas críticas y estratégicas.

Actualmente, la Unión Europea se enfrenta a una nueva crisis global ocasionada por la carestía de materias primas críticas y estratégicas que se debe, por una parte, a la ingente cantidad de estas materias que requiere la Transición Energética y, por otra, a la concentración del suministro en pocos países, como China o Rusia, que acumulan tanto el recurso natural como el procesado del mismo.

Desde la Unión Europea se insta a los Estados Miembros a explotar sus yacimientos de las citadas materias, con objeto de no depender en exceso de proveedores extracomunitarios para no comprometer la Transición Energética. En este contexto, España se posiciona como uno de los países europeos con más indicios de yacimientos de materias primas críticas y estratégicas. Sin embargo, una serie de desacertadas decisiones políticas hacen que los mismos no se exploten o que, incluso, no se hagan exploraciones para corroborar los indicios de yacimientos todavía no conocidos.

En este trabajo se recopilan y analizan los yacimientos existentes en Asturias y Galicia, con la esperanza de que sea el primero de una serie de estudios que abarquen el resto de los territorios del país. El informe comienza definiendo lo que la Unión Europea considera como materias primas críticas, para posteriormente llevar a cabo un análisis tanto de la demanda como de su posible presencia en el territorio español.

## Capítulo 2

# Identificación de materias primas relevantes para la transición energética de la industria y la movilidad.

### **2.1. ¿Qué entiende la Unión Europea por materias primas estratégicas y/o críticas?**

De acuerdo con [1], la Unión Europea (en adelante UE) considera como materia prima fundamental (estratégica y/o crítica) toda aquella que es vital para la economía y que puede presentar un alto riesgo de suministro. Dentro de esta categoría, es importante distinguir también entre materias primas primarias, que son aquellas que se extraen directamente de la naturaleza, y secundarias, que se obtienen tras un proceso de reciclaje y/o revalorización tras su uso [2]. Cabe señalar que, independientemente de que los procesos de recuperación y reciclado de materias primas útiles sean muy eficientes, nunca se conseguirá recuperar el 100% de las materias usadas y, por otro lado, el crecimiento normal de la economía mundial, el incremento de la población, el incremento del desarrollo de los países subdesarrollados, etc. conducen inevitablemente a un incremento del sector minero mundial para incrementar la producción de numerosas sustancias de interés. Esta necesidad choca con los postulados de las organizaciones ecologistas radicales que pretenden hacer una “economía circular minera” evitando la apertura de nuevas minas.

En cuanto a los conceptos de materias primas estratégicas o críticas (en adelante, M.P.E/c.), debe señalarse que no son exactamente lo mismo. Hay materias primas estratégicas como, por ejemplo, el cobre o el níquel cuyo abastecimiento está, en la actualidad, asegurado pero que podrían sufrir a medio plazo un fuerte incremento de demanda que las convierta en críticas. Debido a la transición energética que se pretende en la U.E. y a la electrificación creciente de la economía y a la digitalización, se han convertido en estratégicos una serie de minerales (y elementos químicos presentes en ellos) de los que España y la Unión Europea son muy deficitarias.

Se definen como críticos aquellos minerales y elementos estratégicos cuya disponibilidad en el mercado es dudosa y presentan un alto riesgo de suministro debido a su escasez “geológica” y también como consecuencia de las restricciones que planean algunos países suministradores. Muchos de los minerales de uso creciente en las nuevas tecnologías y para el desarrollo de sectores específicos (energías renovables, motores de alta eficiencia, sector industrial o militar) se definen como críticos.

Las diferencias entre unas y otras materias tienen que ver con el concepto de vulnerabilidad en el sentido definido por Bradshaw (2013) pues la economía puede resultar muy perjudicada por la falta de estas materias y por su riesgo de suministro.

Volviendo a la clasificación entre materias primas primarias y secundarias, estos dos tipos de materias primas presentan retos y oportunidades diferentes:

- Los retos asociados a las materias primas primarias están asociados a la geopolítica [3], pues la mayoría de ellas provienen de países extracomunitarios, lo que puede acarrear numerosos problemas debidos al posible monopolio de los productores, al aumento incontrolado de precios, a la violación de derechos humanos durante su extracción, a la inestabilidad política de determinados países exportadores, etc.
- Las oportunidades que presentan las materias primas primarias son, principalmente, el impulso de la minería y del sector minero auxiliar y también las industrias de metalurgia y procesado en los países miembros de la UE. Asimismo, se producirá un fuerte desarrollo de relaciones internacionales, resistentes y diversificadas.
- Las materias primas secundarias presentan el reto de los altos costes del reciclaje y reprocesado de las mismas, con las oportunidades que esto lleva aparejado puesto que mejorar este tipo de procesos requiere numerosos proyectos de Investigación, desarrollo e innovación, así como la formación de numerosos profesionales en campos científicos, técnicos e industriales hoy por hoy incipientes.

En concreto, el potencial peligro de la dependencia externa de la UE para el aprovisionamiento de estas materias es más actual que nunca, debido a que podría establecerse una analogía entre la actual dependencia del gas ruso y la distorsión de precios ocasionada por las tensiones geopolíticas y la dependencia de materias primas críticas [1], [3]. Así, por ejemplo, China que produce el 90 % de las tierras raras, ha anunciado su intención de prohibir su exportación para dentro de 2 o 3 años debido a que necesita cubrir sus propias necesidades. Esto provocará una escasez de suministro y un incremento muy importante de los precios.

Las materias primas estratégicas y críticas son fundamentales para llevar a feliz término la transición energética en la que está inmersa la Unión Europea, ya que se emplean en multitud de tecnologías como los aerogeneradores, las placas fotovoltaicas, los electrolizadores y las pilas de hidrógeno, baterías, etc. [1], [3], [4].

A este respecto, muchos autores cuestionan el carácter renovable de las citadas tecnologías, dada la dependencia de materias escasamente conocidas y el coste material que tienen [3]. Además de las tecnologías energéticas, también las industrias electrónica y militar son muy intensivas en el uso de estas materias estratégicas.

Cada 3 años, la Comisión Europea publica un informe revisando la lista de materias primas fundamentales para la UE. La última actualización, reciente, se ha producido en 2023 [1]. Cabe destacar que la lista aumenta en cada edición, como se puede observar en la tabla 2.1.1.

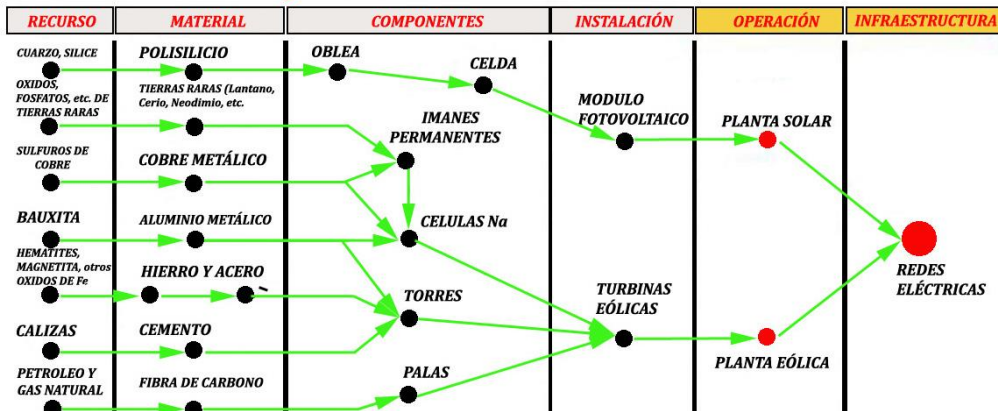
**Tabla 2.1.1: Evolución del número de materias recogidas en la lista**

<u>Año de publicación</u>	<u>Nº materias recogidas en la lista</u>
2011	14
2014	20
2017	27
2020	30
2023	32

La criticidad de las materias se ha evaluado en términos de importancia económica (medida en base a los usos finales en aplicaciones industriales) y riesgo de suministro (medido en base a la concentración de los proveedores, la gobernanza de los mismos, y aspectos relacionados con el reciclaje y la reutilización). La lista se muestra en la tabla 2.1.2.

## EL PESO DE LOS MATERIALES CRÍTICOS EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

### Electricidad de bajas emisiones

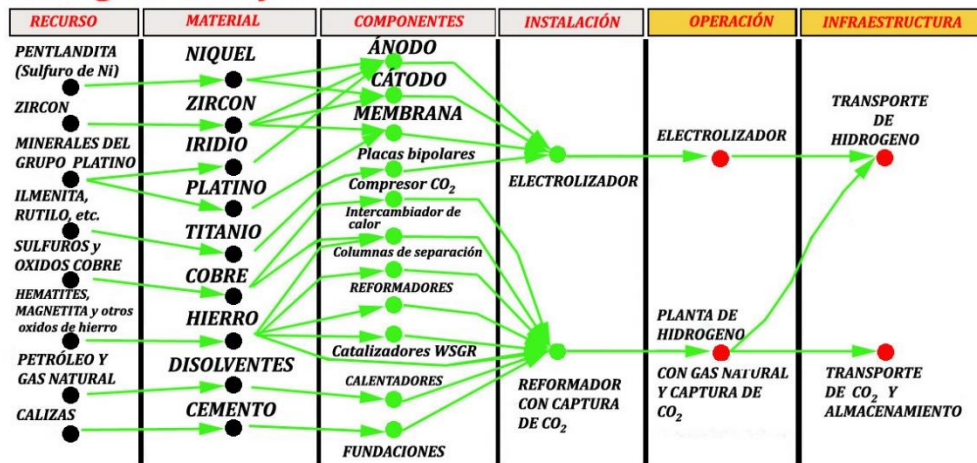


Fuente original : Agencia Internacional de la Energía y El Economista. Elaboración propia

Figura 2.1.1. Peso de los materiales críticos en el sector de la electricidad de bajas emisiones. La escasez de muchos de estos minerales cuestiona el carácter renovable de estas tecnologías. Fuente: Elaboración propia.

## EL PESO DE LOS MATERIALES CRÍTICOS EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

### Hidrógeno de bajas emisiones

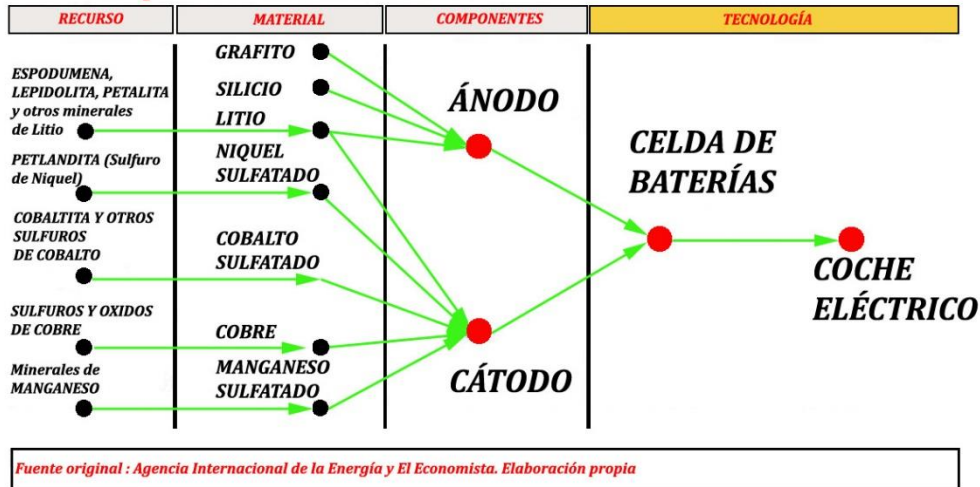


Fuente original : Agencia Internacional de la Energía y El Economista. Elaboración propia

Figura 2.1.2. Peso de los materiales críticos en el sector de la producción de Hidrógeno con bajas emisiones. La escasez de muchos de estos minerales cuestiona el carácter renovable de estas tecnologías. Fuente: Elaboración propia.

## **EL PESO DE LOS MATERIALES CRÍTICOS EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA**

### **Baterías para coches eléctricos**



Figura

**2.1.3. Peso de los materiales críticos en el sector de la producción de baterías para coches eléctricos. La escasez de muchos de estos minerales cuestiona el carácter renovable de estas tecnologías. Fuente: Elaboración propia.**

Sobre la lista cabe destacar una serie de aspectos:

- Las materias que aparecen por primera vez en la lista de 2020 son la bauxita, el litio, el titanio y el estroncio. Aunque no se incluyen en la lista de 2020, la Comisión, en su última revisión muestra preocupación por el helio, el cobre y el níquel. Los dos últimos a pesar de no ser escasos sufrirán, a medio plazo, un fuerte incremento de la demanda debido a las necesidades asociadas al incremento de la electrificación de la economía (figuras 2.1.1., 2.1.2. y 2.1.3.). En la lista de 2023, ya aparecen como materias primas estratégicas.
- Aunque la lista contiene 32 materiales, en realidad son más, pues hay algunos que son familias de elementos. Este es el caso de las tierras raras y los metales del grupo del platino o platinoides. A continuación, se detalla la composición de estas familias.
- En el presente año, la Comisión Europea está trabajando en la definición de la denominada RAW MATERIALS ACT (figura 2.1.4.) que será una regulación en la que el objetivo es aumentar la explotación de materias primas minerales estratégicas en el interior de la Unión para disminuir nuestro grado de dependencia del exterior progresivamente. Hoy en día, algunas materias estratégicas vienen del exterior en porcentajes superiores al 90%.





# RAW MATERIALS ACT

COMISIÓN  
EUROPEA

Bruselas, 16.3.2023  
COM(2023) 160 final

## ANEXOS

**Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo**  
por el que se establece un marco para garantizar un suministro seguro y sostenible de materias primas críticas y se modifican los Reglamentos (UE) 168/2013, (UE) 2018/858, 2018/1724 y (UE) 2019/1020

{SEC(2023) 360 final} - {SWD(2023) 160 final} - {SWD(2023) 161 final} -  
{SWD(2023) 162 final}

### **ANEXO I** Materias primas estratégicas **SECCIÓN 1** **LISTA DE MATERIAS PRIMAS ESTRATÉGICAS**

Se considerarán estratégicas las siguientes materias primas:

- |                              |   |                      |
|------------------------------|---|----------------------|
| (a) Bismuto                  | h) Magnesio metálico  | (n) metal de silicio |
| (b) Boro - grado metalúrgico | (i) Manganeso - grado de batería  | (o) Titanio metálico |
| (c) Cobalto                  | (j) Grafito natural - grado de batería                                      | (p) Tungsteno        |
| <b>(d) Cobre</b>             | <b>(k) Níquel - grado de batería</b>  |                      |
| (e) Galio                    | (l) Metales del grupo del platino   |                      |
| (f) germanio                 | (m) Elementos de tierras raras para imanes<br>(Nd, Pr, Tb, Dy, Gd, Sm y Ce) |                      |
| (g) Litio - grado de batería |   |                      |

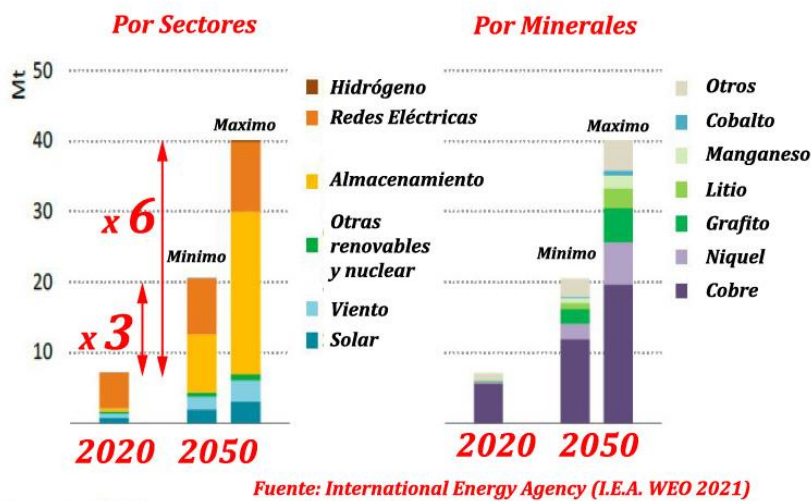
**Figura 2.1.4. RAW MATERIALS ACT. Listado de materias primas críticas.**

**Fuente: Comisión Europea.**

**Tabla 2.1.2: Lista de materias primas fundamentales en 2023 (adaptada de [1])**

Antimonio	Hafnio	Fósforo
Barita	Tierras raras pesadas	Escandio
Berilio	Tierras raras ligeras	Silicio metálico
Bismuto	Indio	Tantalio
Borato	Magnesio	Wolframio
Cobalto	Grafito natural	Vanadio
Carbón de Coque	Caucho natural	Bauxita
Espato flúor	Niobio	Litio
Galio	Metales del grupo del platino	Titanio
Germanio	Fosforita	Estroncio
Cobre	Níquel	

## **REQUERIMIENTOS DE MINERALES desde 2020 a 2050**

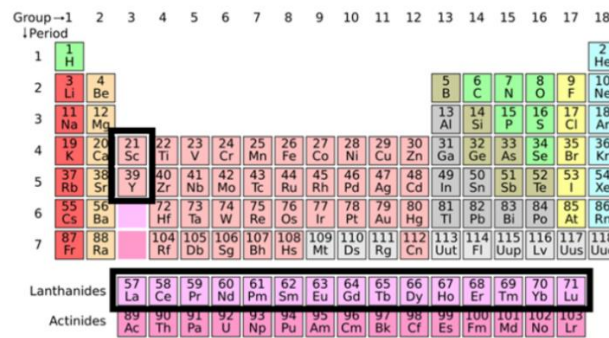


**Figura 2.1.5.: Incremento en las necesidades de producción de algunos elementos estratégicos y críticos en los próximos 30 años. Algunas sustancias deben incrementar su producción y consumo entre 3 y 6 veces la producción actual. Así, el cobre que no es un elemento raro deviene estratégico pues deberá pasar de 10 a 40 millones de toneladas de producción por año. Otro elemento similar que produce preocupación es el níquel. Fuente Agencia Internacional de la Energía.**

Las tierras raras son un conjunto de 17 elementos formado por los lantánidos, el itrio y el escandio. Son elementos clave para la construcción de imanes permanentes (neodimio y disprosio), electrónica, industria militar etc. Cabe destacar que el nombre de “tierras” es histórico pues, en Química analítica, cuando se hace un análisis, el residuo final se lleva a sequedad y queda en el fondo del matraz como una especie de arcilla o tierra. El adjetivo de “raras” no alude tanto a su escasez en la naturaleza sino a la dificultad que conlleva su procesado pues no se trata de simples procesos metalúrgicos que separan elementos en un compuesto químico (un sulfuro, por ejemplo). En este caso deben extraerse átomos sueltos de la estructura cristalográfica de determinados compuestos químicos, lo cual es mucho más complejo técnica y metalúrgicamente. Por ejemplo, la Monacita es un fosfato complejo de Lantano, Cerio y Tántalo y para la extracción de estos elementos deben utilizarse procesos complejos de acidificación y ruptura de las estructuras cristalográficas.

En este sentido, las tierras raras no suelen aparecer de forma libre en los yacimientos, sino mezcladas con otros materiales, lo que encarece su coste de extracción [3]. Además, esto también supone que hay tierras raras sin explotar en las escombreras antiguas de residuos mineros [1].

La Figura 2.1.6 (extraída de [5]) muestra la tabla periódica destacando las tierras raras, mientras que la Tabla 2.1.3 muestra cuáles de ellas son pesadas y cuáles ligeras.



**Figura 2.1.6: Tabla periódica en la que se destacan las tierras raras [5]**

**Tabla 2.1.3: Clasificación de las tierras raras en pesadas y ligeras**

<u>Tierras raras pesadas</u>	<u>Tierras raras ligeras</u>
Europio	Lantano
Gadolinio	Cerio
Terbio	Praseodimio
Disproso	Neodimio
Holmio	Prometio
Erbio	Samario
Tulio	
Iterbio	
Lutecio	

Cabe destacar que el itrio y el escandio no atienden a una clasificación clara entre tierras raras ligeras y pesadas. Además, de estos elementos, el Prometio no se encuentra en yacimientos

naturales, sino que es un elemento químico artificial formado en el interior de las barras de combustible de los reactores nucleares como consecuencia de las reacciones que allí se producen.

Los metales del grupo del platino son 6 elementos que resultan claves, entre otros usos, para las pilas de combustible y los electrolizadores. La tabla 2.1.4 muestra la lista de estos elementos [6].

**Tabla 2.1.4: Metales del grupo del platino**

<u>Metal</u>
Platino
Iridio
Osmio
Rutenio
Rodio
Paladio

Como se ha mencionado al comienzo de este capítulo, uno de los mayores retos que presentan las materias primas críticas es la concentración de su suministro en unos pocos proveedores. Además, la mayoría de estos proveedores se encuentran fuera de la UE, lo que podría complicar o encarecer el suministro futuro por razones geopolíticas.

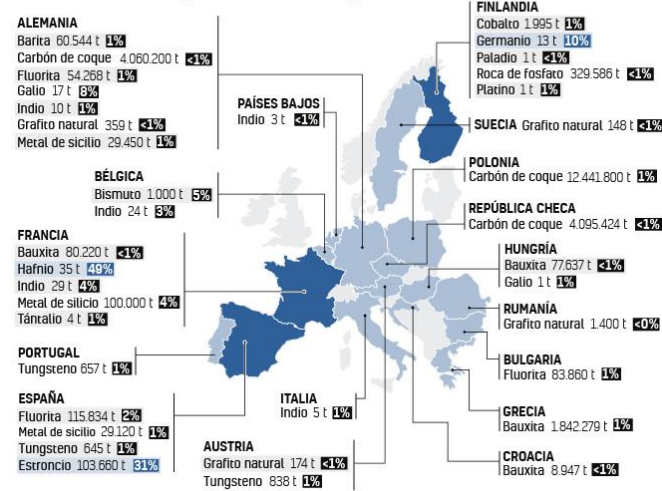
En concreto, el principal proveedor de materias primas críticas es China, que pese a contar con solo un 37% [3] de las reservas mundiales es el mayor comprador de los mismos para su refinado que es un proceso muy complejo y agresivo desde el punto de vista ambiental. También es el mayor exportador de los elementos finales. Esto evidencia otro problema relacionado con las materias primas críticas: no solo es necesario tener yacimientos de las mismas en el interior de la Unión sino también capacidad de procesarlas. Por ejemplo, el litio que se extrae en la UE debe ser procesado fuera [1]. Como se puede observar en la Figura 2.1.7, los productores europeos suponen menos del 5% de producción mundial para casi cualquier material estratégico y crítico [7].

## Países productores de materias primas críticas en la Unión Europea

20 minutos

Cantidad de materia (toneladas) % de la producción mundial

● Países con >10% de la producción mundial de alguna materia

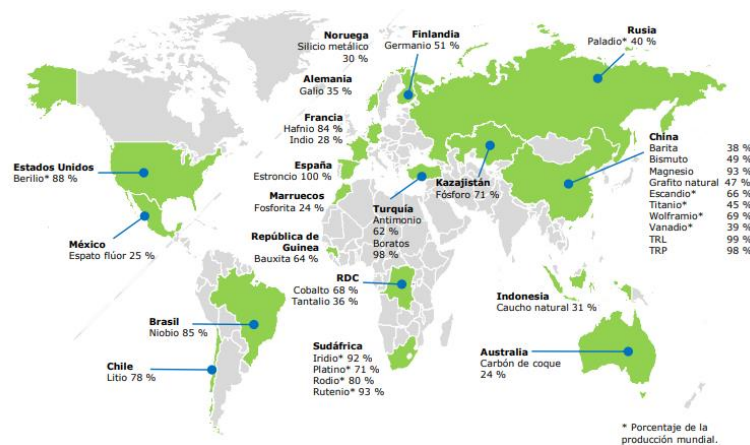


FUENTE: Comisión Europea

GRÁFICO: Henar de Pedro

**Figura 2.1.7: Producción de los países europeos en Tm y % respecto a producción mundial [7]**

Por lo que respecta a la demanda total de la UE, en la Figura 2.1.8. se muestran los proveedores de cada materia prima crítica [1]. Hay que destacar, en primer lugar, el marcado papel que ostenta China, pues de las 10 materias primas que suministra, aporta más de la mitad del suministro total de 5 de ellas y más del 90% para otras. Por otra parte, Sudáfrica también aporta más del 70% del suministro de 4 materiales. También hay que hacer notar que muchos de los suministradores son países en vías de desarrollo, inestables políticamente, en los que no se respetan los derechos humanos durante la extracción y el procesamiento, ni se toman las adecuadas medidas ambientales.



**Figura 2.1.8: Proveedores de materias primas críticas a la UE [1]**

Algunos investigadores, como el profesor Antonio Valero, del Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE), han llevado a cabo análisis cuantitativos para intentar predecir qué materiales presentarán cuellos de botella y cuándo es más probable que se manifiesten [4].

En este sentido, Valero (2018) hace una importante distinción entre recursos y reservas:

- **Recurso:** Concentración en la corteza terrestre de minerales para los que la extracción es potencialmente factible. El recurso geológico tiene una connotación geométrica y no constituye una realidad minera como tal pues le falta la componente económica.
- **Reserva:** Fracción de los recursos cuya extracción es económica y mineralmente viable actualmente.

Las reservas, por tanto, son siempre mucho menores que los recursos, y están sujetas, en primer lugar, a un estudio geológico muy detallado y a una planificación minera precisa. También están sujetas al avance de la técnica que hace explotables yacimientos antes no factibles y a la evolución de los precios, que es el parámetro básico que define a las reservas. De hecho, en la definición clásica, reserva mineral es “aquella sustancia extraíble con beneficio económico para el explotador”. En base a una metodología que se describe en [4], Valero obtiene las siguientes previsiones sobre materias cuyo suministro peligra y el año en que podría producirse el cuello de botella (Figuras 2.1.9. y 2.1.10. respectivamente).

	Type of Risk			Technology affected			
	Very high	High	Medium	Wind	PV	CSP	LDV
Ag		•	•		x	x	x
Al				x		x	x
Cd		•			x		
Ce							x
Co		•	•				x
Cr		•				x	x
Cu		•		x	x	x	x
Dy			•	x			
Fe				x		x	x
Ga		•			x		x
Gd							x
Ge					x		
In		•	•		x		x
La							x
Li		•	•				x
Mg					x	x	
Mn		•	•			x	x
Mo			•		x	x	x
Nb							x
Nd			•	x			x
Ni		•	•	x	x	x	x
Pd							x
Pr				x			x
Pt							x
Se			•		x		
Sn		•	•		x		
Ta			•				x
Te	•	•	•		x		
Ti					x		
V						x	x
Zn		•		x	x		

**Figura 2.1.9.: Riesgo de suministro y tecnologías afectadas [4]**

Metal	R2	Production peak	Expected bottleneck time period
Se	0.83	2008	2016–2032
Ni	0.95	2033	2027–2029
Dy	0.95	2219	2029–2034
Co	0.90	2142	2030-beyond 2050
Ag	0.71	2025	2031–2042
Ta	0.83	2039	2033–2050
Nd	0.96	2105	2034–2041
Te	0.46	2065	2035-beyond 2050
Mo	0.94	2030	2038–2042
Mn	0.84	2030	2038–2050
In	0.98	2032	2041
Li	0.92	2037	2042–2045
Sn	0.71	2086	2042-beyond 2050

**Figura 2.1.10.: Pronóstico del cuello de botella [4]**

En lo que respecta a la Figura 2.1.9., el riesgo de suministro se ha clasificado en:

- Muy alto: La demanda superará los recursos existentes.
- Alto: Riesgo asociado a las reservas. Como se ha explicado, las reservas son dinámicas y dependen de la tecnología existente para su extracción en cada momento, luego este riesgo es actual, pero puede desaparecer con el tiempo.
- Medio: Riesgo asociado a interrupciones temporales del suministro.

Por otra parte, en [4] también se muestran las tasas de reciclaje en 2016 para diversos materiales, así como las perspectivas para 2050, como se muestra en la Figura 2.1.11.

	Current recycling rate	Annual growth	2050 recycling rate
Ag	30%	0.6%	37%
Cd	25%	1.3%	39%
Co	32%	1.8%	59%
Cr	20%	2.5%	47%
Dy	10%	0.9%	13.7%
In	37.5%	0.5%	44.7%
Li	1%	4.6%	4.8%
Mn	37%	0.1%	38%
Mo	33%	0.7%	42%
Nd	5%	0.1%	5.2%
Ni	29%	1%	41%
Se	5%	2%	10%
Sn	22%	0.1%	22.8%
Ta	17.5%	0.1%	18.2%

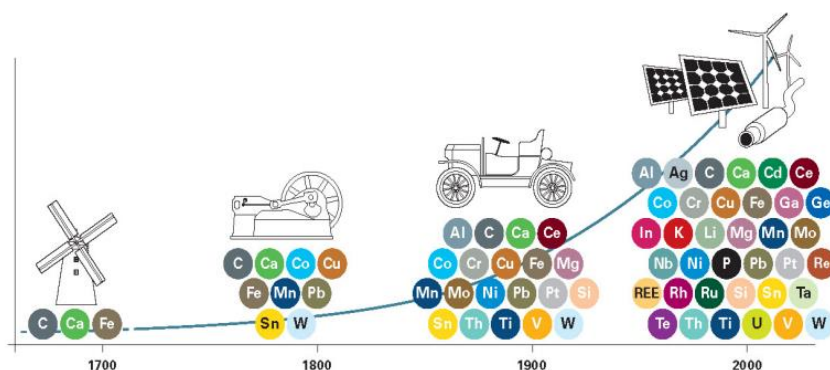
**Figura 2.1.11.: Tasas de reciclaje para diversos materiales y perspectivas para 2050 [4]**

## 2.2. Dependencia de la industria de las materias primas críticas y estratégicas.

Una de las cuestiones fundamentales en lo que a materias primas estratégicas y críticas se refiere es la dependencia que de ellas tienen la industria europea en general y la industria española en particular.

Como se mencionó en el apartado anterior, numerosos investigadores [4] han pronosticado en los últimos años la formación de cuellos de botella para algunos de los recursos que la UE considera materias primas estratégicas y críticas, lo que podría tener impactos muy negativos en la industria pudiendo llegarse, en algunos casos, a la paralización total o parcial de las cadenas de producción comunitarias.

En contra de lo que pudiese pensarse en un principio, las materias primas estratégicas y críticas son un recurso básico para cualquier industria desarrollada, más aún si cabe en el actual contexto de descarbonización y transformación digital. Una muestra de lo anterior es el siguiente dato: se calcula que, de media, cada estadounidense consume 17 toneladas anuales de minerales, metales y combustible, mientras que el consumo medio de un europeo es de 9,7 toneladas por año [8]. Además, este consumo no es solo de cantidad sino también de diversidad: el avance de la tecnología ha hecho que pasemos de usar tecnologías con un consumo muy intensivo en ciertos minerales, como el carbón, a usar tecnologías que emplean gran variedad de recursos que, además, son escasos a nivel global [9]. Esto se encuentra reflejado en la Figura 2.2.1 [10].



**Figura 2.2.1: El avance de las tecnologías conlleva una mayor diversidad de recursos requeridos [10]**



Esto no supone ninguna situación excepcional ya que, a lo largo de la historia, el progreso de la humanidad ha estado íntimamente ligado al consumo de materias primas, especialmente minerales. Prueba de ello es que algunos periodos históricos toman el nombre del recurso cuyo uso fue clave en ese momento, como la Edad de piedra (sílex, obsidiana y cuarcita, en general), la Edad del bronce y la Edad de Hierro. La afección por la búsqueda de minerales y metales dio lugar a grandes invasiones y conquistas. Así, por ejemplo, todas las legiones romanas contaban, en su avance, con la figura del “propector”. Este “geólogo antiguo” no batallaba y solo se dedicaba a hacer prospección en los ríos bateándolos y obteniendo minerales y metales pesados en las bateas realizadas en llanuras aluviales o “placers” (lo que actualmente se conoce como geoquímica de recursos fluviales). En caso positivo, ascendía por los ríos y arroyos hasta localizar yacimientos minerales en las rocas madre encajantes. Así llegaron los romanos al Noroeste de España descubriendo numerosos yacimientos de interés tanto de oro como cobre, estaño, hierro, etc. Esta búsqueda de minerales en el Noroeste español, tan rico y mineralizado, propició la romanización de la península ibérica y su incorporación al Imperio.

Centrándonos en el caso del sector industrial español, este supuso un 17% del PIB de la Nación en 2021, lo que supone un aumento frente a periodos anteriores, como se puede observar en la Tabla 2.2.1 [11].

**Tabla 2.2.1.: Contribución del sector industrial al PIB en España [11]**

Año	2019	2020	2021
Contribución	15,95 %	16,09 %	17,00 %

Por otra parte, en lo que a Cifra de negocios se refiere, su valor y desglose para el año 2020 se presentan en las Figuras 2.2.2 y 2.2.3.

Sección de actividad	Cifra de negocios			Personal ocupado		
	Millones de euros	% sobre el total	Variación anual (%)	Media anual	% sobre el total	Variación anual (%)
Industrias extractivas	3.436	0,6	-8,8	17.230	0,8	-2,4
Industria manufacturera	497.126	82,3	-11,4	2.044.599	89,2	-1,0
Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	80.773	13,4	-13,8	44.858	2,0	-5,2
Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación	22.753	3,8	-0,9	185.881	8,1	2,0
<b>TOTAL</b>	<b>604.088</b>	<b>100,0</b>	<b>-11,3</b>	<b>2.292.568</b>	<b>100,0</b>	<b>-0,8</b>

**Figura 2.2.2: Cifra de negocios del sector industrial en 2020 [12]**

Rama de actividad	Cifra de negocios			Personal ocupado		
	Millones de euros	% sobre el total	Variación anual (%)	Media anual	% sobre el total	Variación anual (%)
<b>Industrias extractivas</b>	<b>3.436</b>	<b>0,6</b>	<b>-8,8</b>	<b>17.230</b>	<b>0,8</b>	<b>-2,4</b>
<b>Industria manufacturera</b>						
- Industria de la alimentación	109.442	18,1	-1,6	401.190	17,5	1,2
- Fabricación de bebidas	16.912	2,8	-13,6	58.678	2,6	-1,9
- Industria del tabaco	593	0,1	-21,2	1.363	0,1	-12,3
- Industria textil	5.631	0,9	-7,1	46.498	2,0	-1,2
- Confección de prendas de vestir	3.834	0,6	-15,4	39.633	1,7	-6,5
- Industria del cuero y del calzado	3.429	0,6	-20,4	34.386	1,5	-10,3
- Industria de la madera y del corcho, excepto muebles; cestería y espartería	7.196	1,2	-8,0	53.270	2,3	-0,4
- Industria del papel	13.071	2,2	-7,1	46.257	2,0	0,1
- Artes gráficas y reproducción de soportes grabados	5.363	0,9	-13,4	59.424	2,6	-3,9
- Coquerías y refino de petróleo	33.719	5,6	-37,3	13.262	0,6	1,5
- Industria química	38.869	6,4	-9,2	98.375	4,3	-0,2
- Fabricación de productos farmacéuticos	16.504	2,7	5,6	50.984	2,2	4,3
- Fabricación de productos de caucho y plásticos	19.736	3,3	-9,5	99.671	4,3	-2,6
- Fabricación de otros productos minerales no metálicos	19.973	3,3	-7,7	101.049	4,4	-0,5
- Metalurgia; fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	26.194	4,3	-15,5	59.223	2,6	-3,8
- Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	34.964	5,8	-10,0	252.519	11,0	-1,8
- Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	4.798	0,8	-8,0	29.818	1,3	-2,1
- Fabricación de material y equipo eléctrico	17.268	2,9	-7,7	69.260	3,0	-4,5
- Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p.	20.652	3,4	-8,5	117.416	5,1	-0,5
- Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques	64.506	10,7	-14,6	159.436	7,0	-0,5
- Fabricación de otro material de transporte	14.745	2,4	-15,1	49.995	2,2	1,5
- Fabricación de muebles	5.762	1,0	-9,1	61.056	2,7	0,9
- Otras industrias manufactureras	4.367	0,7	-7,6	41.811	1,8	-4,5
- Reparación e instalación de maquinaria y equipo	9.595	1,6	-7,2	100.023	4,4	0,5
<b>Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado</b>						
- Producción, transporte y distribución de energía eléctrica	66.923	11,1	-13,4	39.259	1,7	-4,1
- Producción y distribución de gas, vapor y aire acondicionado	13.850	2,3	-15,6	5.599	0,2	-12,1
<b>Suministro de agua, actividades de saneamiento, residuos y descontaminación</b>						
- Captación, depuración y distribución de agua	9.309	1,5	-3,0	50.923	2,2	4,3
- Actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación	13.444	2,2	0,6	134.958	5,9	1,1
<b>TOTAL</b>	<b>604.088</b>	<b>100,0</b>	<b>-11,3</b>	<b>2.292.568</b>	<b>100,0</b>	<b>-0,8</b>

**Figura 2.2.3: Cifra de negocios del sector industrial en 2020 (desglose) [12]**

Como se puede observar, la Industria manufacturera supuso un 82,3 % del total. Dentro de este alto porcentaje, la Industria de la alimentación supuso un 18,1 % del total de la Cifra de negocios y la fabricación de vehículos a motor el 10,7 %. Otras industrias, como la química, la de refino de petróleo o la fabricación de productos metálicos, tienen cifras superiores al 5 % del total. En lo que a la Industria energética se refiere, la producción, transporte y distribución de la energía eléctrica supuso el 11,1 % de la Cifra de negocios.

A continuación, se analizará con detalle la dependencia de los principales subsectores industriales en cuanto a materias primas críticas se refiere en Galicia y Asturias.

## Galicia.

Galicia es la sexta economía en España por volumen de PIB [13]. Las industrias más destacadas de la región son [14]:

- Automoción:

El sector de la automoción es uno de los más importantes en Galicia, tanto por volumen (es la tercera región productora en materia automovilística de España) como por el hecho de que gran parte de la cadena de valor está en Galicia. Este sector es uno de los que más dependencia de materias primas presentan: para fabricar un automóvil de tamaño medio se requieren más de 30 sustancias químicas distintas, además de algunas rocas.

La tabla 2.2.2., adaptada de [8], muestra los minerales requeridos y su cantidad. Hay que hacer notar que la fabricación de un automóvil de tamaño medio requiere 7 de las 30 materias primas fundamentales que la UE considera como estratégicas y críticas. Por tanto, la dependencia de las mismas del sector automovilístico es absoluta, especialmente en Galicia, donde se encuentran agentes en todas las etapas de la cadena de valor. Además, los datos presentados en la Tabla 2.2.2. corresponden a los automóviles fabricados antes de 2007. Desde esa fecha, la cantidad de recursos minerales requeridos en el proceso productivo es superior a la mostrada, debido a la mayor incorporación de Tecnologías de Información y Comunicación (en adelante, TIC), electrónica y similares a los automóviles.

**Tabla 2.2.2: Minerales requeridos para la fabricación de un automóvil. Adaptado de [8].**

<u>Mineral</u>	<u>Cantidad [kg]</u>
Hierro y acero	963
Aluminio	109
Carbono	23
Cobre	19
Silicio	19
Plomo	11
Zinc	10
Manganeso	8
Cromo	7

Níquel	4
Magnesio	2
Azufre	0,9
Molibdeno	0,45
Vanadio	<0,45
Platino	1,5-3 g
Otros	Trazas de: fósforo, niobio, antimonio, bario, cadmio, cobalto, flúor, galio, oro, grafito, halita, caliza, mica, paladio, potasio, estroncio, estaño, titanio y wolframio

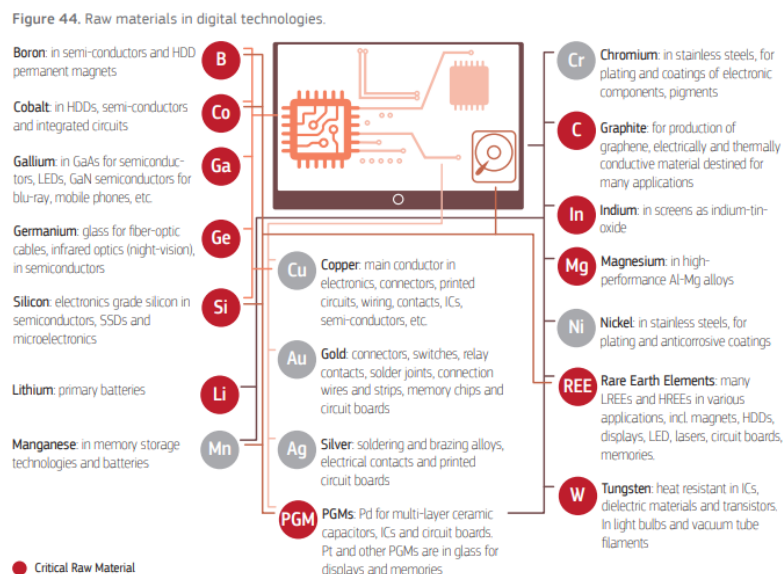
- Naval:

La industria naval gallega ocupa un lugar preferencial dentro de la industria naval nacional. Durante los últimos años, esta industria ha buscado expandir su negocio a sectores alternativos, como el de la energía eólica offshore. En palabras de Francisco Conde, *conselleiro* de Economía, Empleo e Industria en 2017, “*el sector naval gallego tiene en la industria eólica marina y en la construcción offshore una rama de futuro*”. Sin embargo, tal como se describe en [15], la fabricación de aerogeneradores requiere una gran cantidad de recursos minerales como cobre, acero, molibdeno, tierras raras, zinc, etc. Por tanto, el desarrollo de esta nueva línea de negocio para la industria naval gallega se encuentra supeditado a la disponibilidad de estos recursos, si bien es cierto que algunos se encuentran en Galicia, lo que supone una oportunidad para que más etapas de la cadena de valor sean locales.

- Tecnologías de Información y Comunicación (TIC):

El sector TIC gallego está en continuo crecimiento [16] y apuesta por la innovación y la transferencia de conocimiento en las universidades de la región. Las empresas del sector se agrupan en un grupo de trabajo y cooperación [17] que busca impulsar la colaboración entre sus miembros y crear sinergias entre ellos. Como se ha mencionado anteriormente, las tecnologías de telefonía móvil, dispositivos de visualización, fibra óptica, electrónica, etc. requieren de elementos como las tierras raras para su fabricación. De acuerdo con [18], “aunque la criticidad de las materias primas se aplica a toda la industria europea, es especialmente relevante en algunas aplicaciones de TIC”. Esto supone una vulnerabilidad muy importante de este sector en crecimiento, si bien es cierto que el sector parece estar más orientado actualmente al software ya que, de las 133 empresas presentes en el grupo, solo 20 de ellas se dedican al hardware, mientras que el resto se dedica a desarrollo de software, actividades de formación,

asesoría, etc. [17]. En la Figura 2.2.4, tomada de [18], se muestra un esquema de las materias primas que pueden requerir diferentes tecnologías digitales.



**Figura 2.2.4: Esquema de las materias primas que pueden requerir diferentes tecnologías digitales [18].**

Además de las industrias ya mencionadas, también son importantes en Galicia las industrias textil (encabezada por el grupo Inditex) y agroalimentaria. La dependencia de materias primas críticas en estos sectores puede ser menor que para las actividades mencionadas con anterioridad, aunque los fosfatos (que suelen ir ligados a las tierras raras [3]) sean insustituibles como fertilizantes, por ejemplo. Sin embargo, la Transformación Digital de la Industria puede afectar a estos sectores. Así, en el sector agroalimentario a medio plazo se prevé (II plan de acción 2021-2023) la adopción de maquinaria agrícola autónoma, servicios de geolocalización de las máquinas y los animales, drones para control de crecimiento de cosechas, irrigación, daños provocados por plagas, incendios, etc., lo que aumentaría la tecnificación digital del sector y el consumo de materias primas estratégicas y críticas [19].

### Asturias.

Asturias es la decimotercera economía en España por volumen de PIB [13]. Las industrias más destacadas de la región son [11]:

- Energía:

El marcado carácter industrial de Asturias se ha sustentado tradicionalmente en la capacidad de contar con un suministro energético propio, especialmente para las actividades minera, naval y metalúrgica. Hay un gran consumo de carbón de coque, materia incluida en el listado de materias primas críticas de la UE [1] y que, aun habiendo yacimientos naturales, se produce mayoritariamente a partir de la hulla, de la que todavía sobreviven 9 industrias extractivas en Asturias [20]. De acuerdo con [11], un 64% del consumo energético de Asturias proviene del carbón de coque, jugando un papel importante su empleo en la industria siderúrgica. Sin embargo, la producción anual de hulla en Asturias cayó un 66 % en el periodo 2011-2018, pasando de producirse 703 toneladas métricas en 2011 a 237 toneladas métricas en 2018 [21].

- Metal y fabricación avanzada:

La industria del metal en Asturias combina la tradición histórica con la aplicación de las últimas tecnologías. El volumen de exportaciones del sector metal en 2018 representó el 68% de total de las exportaciones de la región [11]. Se trata de la principal área metalúrgica de España con algunas de las empresas más importantes radicadas en la región como ArcelorMittal y Asturiana de Zinc. Este sector es fuertemente dependiente de los recursos minerales. Además, 11 de las 30 materias primas consideradas estratégicas o críticas por la UE tienen usos en metalurgia o para producir aleaciones, tal y como se muestra en la Tabla 2.2.3 [5].

**Tabla 2.2.3: materias primas críticas con uso en metalurgia y aleaciones**

<u>Materia prima</u>
Antimonio (aleaciones de plomo)
Bismuto (aleaciones de baja fusión y aditivos en metalurgia)
Cobalto (aleaciones de alta dureza)
Fluorita (fabricación de acero y aluminio)
Hafnio (superaleaciones)
Grafito (aleaciones en general)
Niobio (acero)
Escandio (aleaciones de aluminio)
Silicio (aleaciones de aluminio)

Tantalio (superaleaciones)
Vanadio (acero y superaleaciones)

- Nanotecnología y materiales avanzados:

Como se ha mencionado en el punto anterior, la actividad siderúrgica en la región goza de gran importancia económica. Esto ha dado lugar al desarrollo de una industria muy potente de materiales refractarios, que sean capaces de soportar las elevadas temperaturas de los altos hornos. En Asturias hay varias compañías dedicadas a materiales avanzados en este sector, tanto locales como multinacionales, que operan desde la región [11] para el resto del país y la exportación. Algunos elementos refractarios requieren en su fabricación materias primas críticas. Por ejemplo, la bauxita es un componente clave en la fabricación de ladrillos refractarios. El wolframio, niobio y tantalio también son metales con interesantes propiedades refractarias.

- Salud:

Asturias está realizando una fuerte inversión en materia de salud e industria biotecnológica. En especial, se pone énfasis en las infraestructuras [11]. Las materias primas estratégicas y críticas pueden jugar un papel importante dentro de las tecnologías futuras. Por ejemplo, las aleaciones de niobio-titanio se emplean en aparatos de resonancia magnética, el tantalio en prótesis para reparación de huesos y articulaciones [21], las tierras raras en los aparatos de producción de imágenes de rayos X, escáneres, etc. [23]. Los metales del grupo del platino (platinoides) tienen numerosas aplicaciones biomédicas. Así, existen proyectos de investigación conjuntos entre el Centro Común de Investigación y la Universidad de Pisa para evaluar la viabilidad del niobato de litio en implantes cocleares. Por tanto, en un sector que busca favorecer la Investigación, el desarrollo y la Innovación (I+D+i), la dependencia de las materias primas estratégicas y críticas puede ser considerable y aumentar de forma importante en el futuro a medio plazo.

- Tecnologías de Información y Comunicación (TIC):

De la misma forma que en Galicia, en Asturias existe también un grupo de trabajo que agrupa a las empresas del sector de las TIC [20], además de fundaciones como el Centro Tecnológico de la Información y la Comunicación (CTIC) [24] para el desarrollo del sector. En concreto, dentro del grupo existen líneas de desarrollo que trabajan sobre el Internet de las

Cosas (IoT) [21], incluyendo vehículos autónomos, robots, sensores, etc., todos ellos con una alta demanda de materias primas estratégicas y críticas. Las dependencias de estas materias primas para este sector serían, por tanto, muy grandes y similares a las descritas en el caso de Galicia.

### **2.3. Caso estudio: la movilidad en la transición energética.**

En marzo de 2023, en una decisión cuando menos discutible, la Unión Europea decidió prohibir la fabricación y venta de vehículos con motor diesel o gasolina a partir de 2035 [25]. Tras esa fecha, los únicos vehículos cuya fabricación y venta estarán permitidas serán los movidos por energía eléctrica con batería, hidrógeno o combustibles sintéticos. Dejando aparte lo utópico de esta prohibición que, con el paso del tiempo, se revelará inaplicable, los pronósticos apuntan, además, a que los precios de los combustibles sintéticos serán demasiado altos en 2035 como para una adopción masiva de los mismos. En concreto, el Consejo Internacional sobre Transporte Limpio prevé un precio de 2,80 € por litro repostado [25]. Por tanto, el coche eléctrico con batería se plantea como la primera opción para muchos ciudadanos, lo que hace que se vuelva vital estudiar la dependencia que presentan estos vehículos de materias primas estratégicas y críticas y cómo puede subsanarse esta dependencia en el caso concreto de España.

El primer aspecto para considerar cuando se habla del coche eléctrico es la reducción de emisiones contaminantes que conlleva su uso. Siguiendo a [8], esto puede contemplarse desde dos niveles:

- A nivel global, se sustituye el combustible fósil (diesel o gasolina) por energía eléctrica, que no es necesariamente libre de emisiones, sino que depende de la composición del mix energético eléctrico del país. Por ejemplo, en países en los que gran parte de la demanda eléctrica se suministre mediante ciclo combinado o carbón (casos de Alemania y Polonia), la electricidad no estará libre de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (G.E.I.). Sin embargo, en un país, como Francia, donde aproximadamente el 70 % de la demanda se suple mediante energía nuclear [26], la electricidad sí estará en su mayoría libre de emisiones.
- A nivel local, se produce una migración de las emisiones contaminantes de los centros urbanos a aquellos puntos donde se produce la generación de energía eléctrica, que habitualmente se ubican en zonas menos pobladas [8]. Esto puede tener efectos positivos sobre la salud de las personas en las grandes aglomeraciones urbanas pero, desde el punto de vista de



las emisiones, no se produce ningún avance. Pese a todo, el saldo desde el punto de vista del medioambiente es positivo en lo que a emisiones se refiere frente a los actuales vehículos con motor de combustión interna [8].

Por otra parte, como se vio en el apartado anterior, los modernos automóviles, aunque empleen motores de combustión interna, requieren de un gran número de materias primas críticas para su fabricación. Además, el empleo de aleaciones más ligeras que reduzcan el peso del vehículo y la tendencia de incorporar cada vez más electrónica y Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) a los mismos aumenta considerablemente la cantidad de recursos minerales estratégicos y críticos consumidos [18]. Paralelamente, el vehículo eléctrico requiere una infraestructura de puntos de carga, las llamadas “electrolineras”, que requerirán un consumo cuantioso de materiales como el cobre para el cableado de estas instalaciones. Se estima que la producción de cobre deberá multiplicarse por 4 en la próxima década pasando de 10 a 40 millones de toneladas anuales. De ahí que, a pesar de no ser un metal raro, la U.E. lo haya incluido en su lista de materias primas estratégicas y críticas en 2023.

### **2.3.1. Situación actual del vehículo eléctrico en España.**

De acuerdo con el Primer Anuario de la Movilidad Eléctrica de AEDIVE (Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso de la Movilidad Eléctrica) [27], en 2022 la cifra de matriculaciones de vehículos eléctricos (100% eléctricos + híbridos enchufables) aumentó en un 20,9 % frente al año anterior, lo que supone un total de 100.425 unidades matriculadas. El número total de vehículos matriculados en 2022 fue de 813.396 unidades, por lo que las matriculaciones de vehículos eléctricos supusieron el 12,3% del total [28].

En lo que a infraestructura de recarga se refiere, cada Comunidad Autónoma ha previsto tener instalado un cierto número de puntos de recarga (conocidos como IRVEs; Infraestructuras de Recarga de Vehículos Eléctricos) públicos en 2030. Las comunidades con mayor número de IRVEs previstos son Cataluña con 48.000 (20 % del total), la Comunidad de Madrid con 36.000 (15 % del total) y Andalucía con 29.400 (12,25 % del total). Como se puede observar en la Figura 2.3.1., extraída de [27], todavía queda mucho trabajo por hacer en cuanto a IRVEs se refiere. Hasta 2022, el número total de IRVEs instaladas era de 21.573, frente a las 240.000 previstas para 2030, lo que supone un 8,9 % del total previsto. Pese a esto, es positivo que el 38% de estas IRVEs se instalaron en 2022. En comparación, la media de IRVEs por millón de habitantes es de 1.083 en Europa, mientras que en España es de 382, aproximadamente la tercera parte (35%) [29]. Por otro lado, debe señalarse que España tiene un parque automovilístico de unos 40 millones de vehículos, de los cuales unos 12 millones duermen en

las calles. La recarga de estos vehículos que no tienen acceso a un punto de recarga nocturno dentro de un garaje es un problema de gran magnitud que nadie sabe aún cómo abordar y quien debe pagar estas infraestructuras.

	2022	2023 a 2030	2030	% del total
Andalucía	2.683	26.700	29.400	12,25%
Aragón	639	6.600	7.200	3,00%
Asturias	542	5.500	6.000	2,50%
Canarias	625	6.600	7.200	3,00%
Cantabria	264	2.700	3.000	1,25%
Castilla La Mancha	835	8.200	9.000	3,75%
Castilla y León	2.063	20.100	22.200	9,25%
Cataluña	4.385	43.600	48.000	20,00%
Comunidad de Madrid	3.103	32.900	36.000	15,00%
Comunidad Valenciana	2.263	22.900	25.200	10,50%
Extremadura	542	5.500	6.000	2,50%
Galicia	729	7.700	8.400	3,50%
Islas Baleares	888	8.700	9.600	4,00%
La Rioja	192	2.200	2.400	1,00%
Navarra	429	4.400	4.800	2,00%
Pais Vasco	912	9.300	10.200	4,25%
Región de Murcia	444	4.400	4.800	2,00%
Ceuta y Melilla	35	600	600	0,25%
<b>Grand Total</b>	<b>21.573</b>	<b>218.600</b>	<b>240.000</b>	<b>100,0%</b>

**Figura 2.3.1: IRVEs actuales y previstas en España [27]**

De estas cifras puede extraerse la conclusión de que, si bien es cierto que la tendencia de penetración en el mercado del vehículo eléctrico es ascendente, el número de IRVEs en España es muy inferior al que sería deseable si se quiere efectuar una transición del coche de combustión al coche eléctrico, tanto en comparación con lo previsto a nivel nacional para 2030 como en comparación con el resto de los países de Europa. Además, el aumento y mejora de las infraestructuras de recarga puede suponer un incentivo para una mayor matriculación de coches eléctricos, ya que uno de los argumentos que emplean los detractores del coche eléctrico es la escasez de estas infraestructuras [27]. José López-Tafall, director general de ANFAC (Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones), advierte que “en 2022 no se han logrado los objetivos mínimos ni de infraestructura de recarga ni de mercado necesarios para cumplir con las reducciones de emisiones marcadas para 2030. Desde el sector ya hemos advertido que el ritmo de electrificación está siendo muy lento” [30].

### **2.3.2. Materias primas críticas requeridas para el vehículo eléctrico.**

Como ya se explicó en el apartado anterior, la industria automovilística consume gran cantidad de recursos minerales en sus procesos productivos. En el caso del vehículo eléctrico este consumo es aún más acusado, en parte por la ya mencionada infraestructura de recarga y, en parte, debido a las tecnologías específicas que emplean los vehículos eléctricos, como las baterías de litio, la electrónica de potencia o los motores eléctricos.

Las tierras raras constituyen la gran mayoría de los elementos adicionales que requiere el vehículo eléctrico frente al de combustión interna. En la Tabla 2.3.1, adaptada de [8], se recogen las principales tierras raras que se requieren tanto para el motor como para las baterías.

**Tabla 2.3.1: Principales tierras raras para motor y baterías [8]**

<u>Elemento</u>	<u>Motor</u>	<u>Baterías</u>
Praseodimio	□ □	□ □
Neodimio	□ □	□ □
Samario	□ □	
Disproseo	□ □	
Lantano		□ □
Cerio		□ □

Además de estas tierras raras, las baterías requieren, en cantidades importantes, cobalto, litio, bauxita y grafito natural, todos ellos minerales incluidos dentro del listado de materias primas críticas de la UE [1]. Las baterías emplean litio de forma intensiva, lo que puede suponer un problema a futuro, pues según [8], se necesitaría prácticamente el doble de las reservas existentes de litio a nivel mundial para renovar la actual flota de vehículos por vehículos eléctricos. Como se explicó en el apartado 2.1, el concepto de reserva es dinámico y está supeditado tanto a las capacidades técnicas como a las circunstancias económicas del momento, por lo que esto no significa que sea imposible renovar la actual flota de vehículos, pero sí muestra que puede haber importantes cuellos de botella. Además, el reciclaje de las baterías es económicamente factible pero no es todavía perfecto, por lo que se va perdiendo litio tras sucesivos reciclajes [30]. El litio en las baterías se encuentra tanto en el cátodo, como se explica en el siguiente párrafo, como en el líquido electrolítico en forma de sal disuelta [31]. Por último, hay que hacer mención al hecho de que las baterías no jugarán un papel importante solo en la industria automovilística, sino también en el almacenamiento de energía, por lo que el sector energético también requerirá grandes reservas de litio.

Por otra parte, el cobalto está asimismo presente en la gran mayoría de las baterías comerciales. Los vehículos eléctricos suelen usar [31] óxidos complejos o mixtos de litio, níquel, manganeso y cobalto (de fórmula química  $\text{Li NixMnyCozO}_2$ , siendo  $x + y + z = 1$ ) como material del cátodo. Actualmente, se está trabajando en reducir el consumo de cobalto, pero todavía es un material clave en la gran mayoría de las baterías comerciales. El grafito natural se emplea en los ánodos de las baterías de litio. La bauxita es la fuente primaria de aluminio, que se emplea como colector de corriente en los cátodos. La Figura 2.3.2, extraída de [31], muestra los principales elementos que no son tierras raras que se requieren para las baterías de litio, además de otra información relevante como sus principales productores, los proveedores de la UE, etc. La Figura 2.3.3, extraída de [32], muestra de forma esquemática estas materias que se requieren para el vehículo eléctrico, así como sus usos.

De acuerdo con [30], en 2030 la demanda de litio de la UE aumentará 18 veces mientras que la de cobalto lo hará 5 veces. En 2050, se prevé una demanda de litio 60 veces superior a la actual y una demanda de cobalto 15 veces superior a la actual.

Además, los vehículos eléctricos también consumen algunas materias no críticas en mayor proporción que los vehículos con motor de combustión interna. Así, por ejemplo, el consumo de cobre se cuadruplica para un automóvil eléctrico grande en comparación con el consumo de cobre que tendría el mismo automóvil si fuese de combustión interna. La Figura 2.3.4, extraída de [32], muestra esta comparación para distintos tipos de vehículos (combustión interna, híbrido, etc.).

En la Figura 2.3.5., extraída de [31], se observa un mapa con los principales yacimientos y productores europeos de materias primas para baterías. Hay que hacer notar que en España hay varios yacimientos de litio identificados, algunos en fase de exploración.

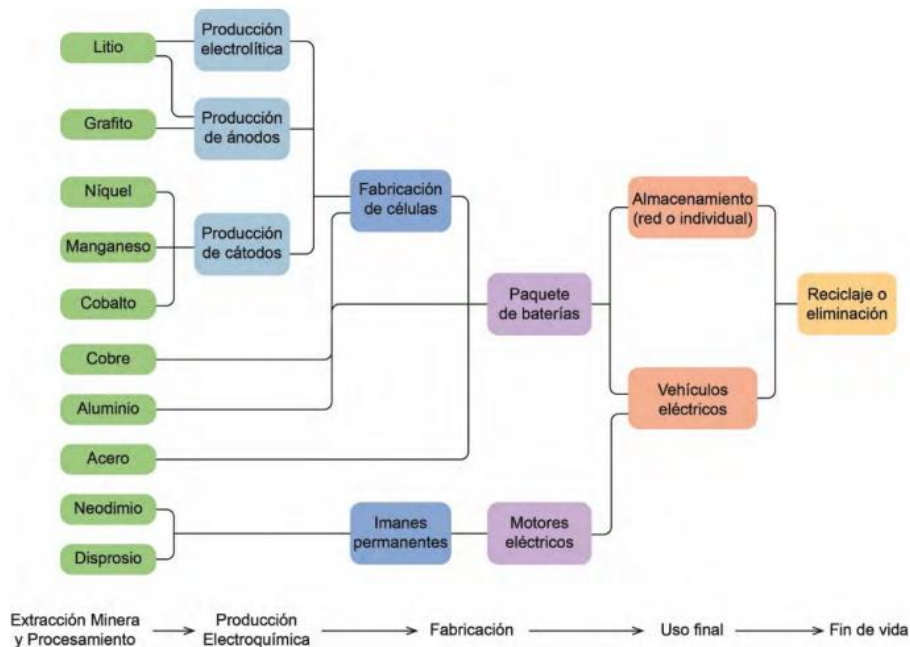
Raw materials	Critical stage	Main global producers	Main EU sourcing <sup>1</sup>	Import reliance <sup>2</sup>	EoL-RIR <sup>3</sup>	Selected Uses
Bauxite	Extraction	Australia (28%) China (20%) Brazil (13%)	Guinea (64%) Greece (12%) Brazil (10%) France (1%)	87%	0%	• Aluminium production
Cobalt	Extraction	Congo DR (59%) China (7%) Canada (5%)	Congo DR (68%) Finland (14%) French Guiana (5%)	86%	22%	• Batteries • Super alloys • Catalysts • Magnets
Lithium	Processing	Chile (44%) China (39%) Argentina (13%)	Chile (78%) United States (8%) Russia (4%)	100%	0%	• Batteries • Glass and ceramics • Steel and aluminium metallurgy
Natural Graphite	Extraction	China (69%) India (12%) Brazil (8%)	China (47%) Brazil (12%) Norway (8%) Romania (2%)	98%	3%	• Batteries • Refractories for steelmaking

<sup>1</sup> Based on Domestic production and Import (Export excluded)

<sup>2</sup> IR = (Import – Export) / (Domestic production + Import – Export)

<sup>3</sup> The End-of-Life Recycling Input Rate (EoL-RIR) is the percentage of overall demand that can be satisfied through secondary raw materials. Data from: Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report

**Figura 2.3.2: Principales materiales críticos (excluyendo tierras raras) requeridos para las baterías de litio.**



**Figura 2.3.3: Esquema de materiales requeridos para vehículos eléctricos y sus usos**

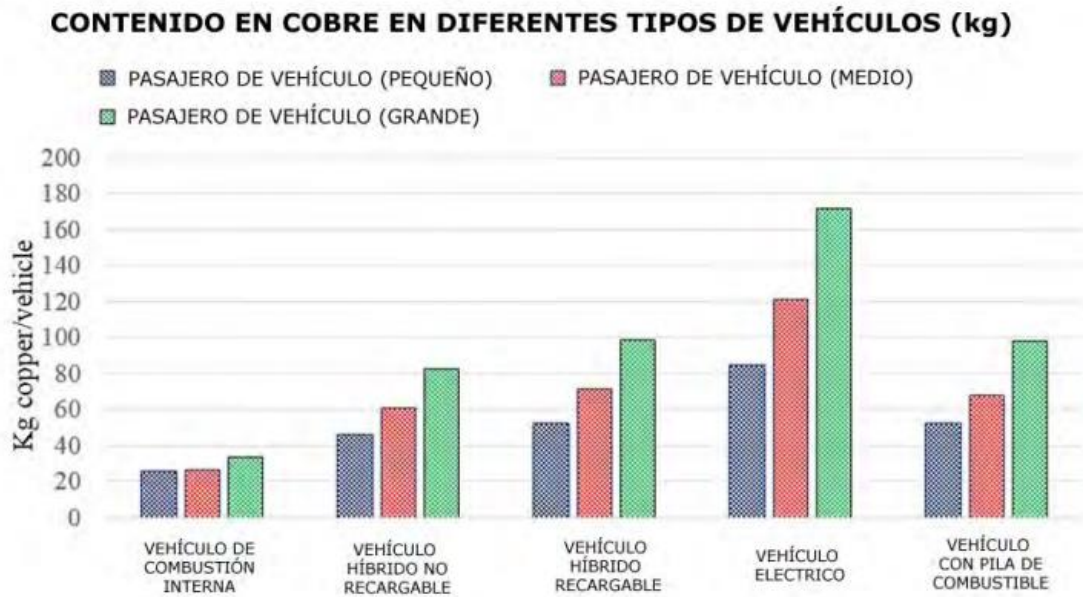


Figura 2.3.4: Contenido en cobre para distintos tipos de vehículo [32]

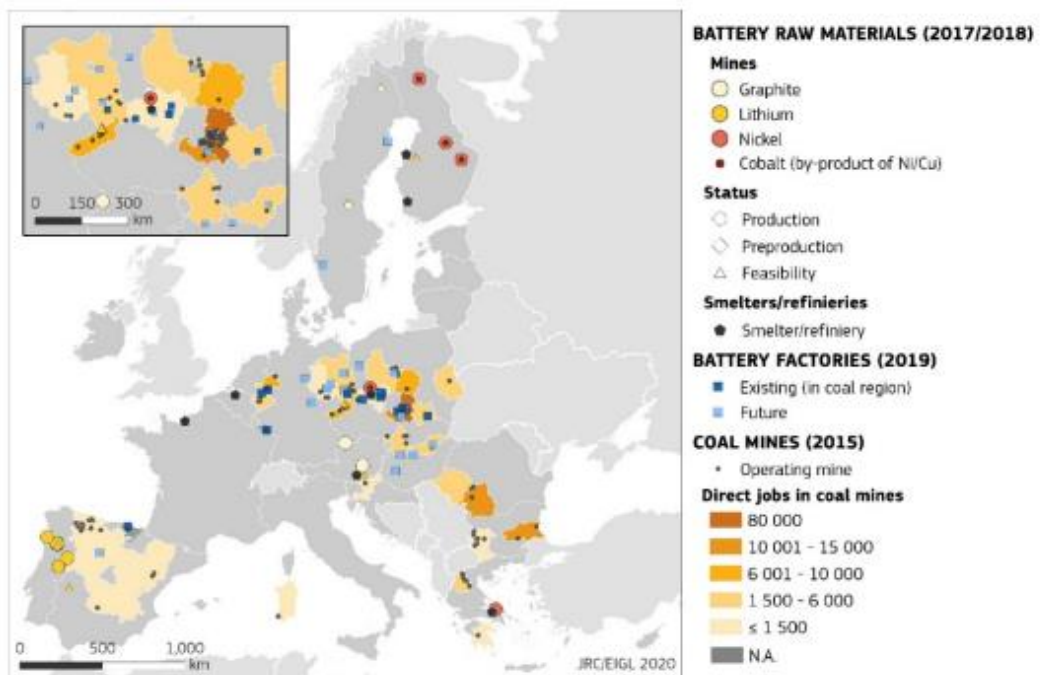


Figura 2.3.5: Yacimientos y productores europeos de materias primas para baterías [31]

# Capítulo 3

## Localización en España de los recursos minerales para la transición energética.

### 3.1. Análisis de los recursos mineros de M.P.E./c.

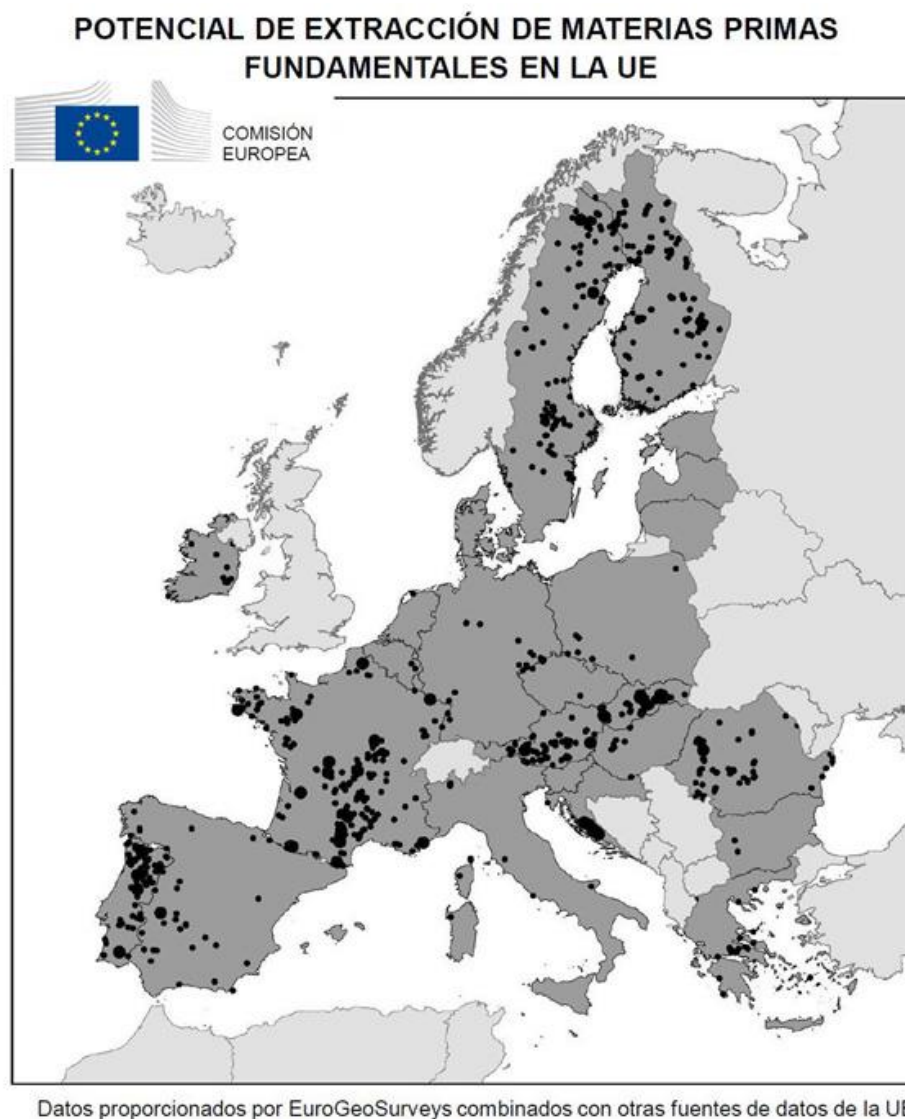
Desde el punto de vista de las Materias Primas Estratégicas y Críticas (en adelante M.P.E./c.) España es uno de los países de la Unión Europea con mayores posibilidades de exploración y explotación de este tipo de sustancias minerales y de los elementos metálicos de interés contenidos en ellas (litio, cobalto, niobio, tántalo, etc.).

Como se puede observar en el plano de la figura 3.1., los puntos más favorables a la presencia de estas sustancias minerales en la Unión Europea son todos los relacionados con los terrenos más antiguos de edad precámbrica o paleozoica.

Así, el escudo báltico, de edad precámbrica, que se extiende por la mayor parte de Suecia y Finlandia es un área muy favorable a la presencia de estos materiales. De hecho, el pasado 12 de enero de 2023, la compañía minera sueca LKAB anunció el hallazgo de un yacimiento de tierras raras al que denominaron “Per Geijer”. Con este descubrimiento, la Unión Europea ha empezado a dar un giro en sus políticas mineras intentando caminar hacia una situación menos adversa en relación a las M.P.E./c. Como es sabido y según informes de la Comisión de 2020, los países de la Unión cubren alrededor del 98% de su demanda de tierras raras con suministros procedentes de China.

Otra zona muy favorable, desde antiguo, a la presencia de M.P.E./c. es el macizo hercínico, de edad paleozoica, que aflora en la actualidad en el Oeste y Noroeste de la Península Ibérica (España y Portugal), en el macizo armoricano de Francia (Normandía, etc.) y en el Macizo central francés. Todas estas zonas originadas durante la Orogenia Varisca (de edad Paleozoica media a final) están hoy día expuestas por diferentes causas geológicas y presentan numerosos indicios minerales y minas en explotación de elementos de interés. El Pirineo Central, donde también aflora un núcleo de estas rocas paleozoicas, también es una zona de mucho interés.

Por último, la orogenia alpina, ocurrida hace 30 millones de años por el empuje hacia el Norte de la placa africana sobre la euroasiática, ha producido la elevación de las cadenas europeas de los Alpes, los Apeninos y los Cárpatos que presentan, en sus núcleos internos más deformados, zonas de interés minero desde el punto de vista de las M.P.E./c.



**Figura 3.1. Puntos favorables en la Unión Europea para la exploración y explotación de M.P.E./c.**

En el caso concreto del Oeste y Noroeste peninsular se hará, a continuación, una revisión de las posibilidades minera de estas zonas. Para ello, nos hemos basado en el trabajo de Fadon, et al (2020) [33], que realizan una síntesis muy completa del Cinturón Ibérico que nosotros intentaremos resumir.



En este trabajo se pretende dar a conocer el potencial minero del Oeste y Noroeste de la Península Ibérica, fundamentalmente para las mineralizaciones de wolframio y estaño (W-Sn). Estas mineralizaciones son muy importantes y bien distribuidas por esta zona de España y Portugal. Hablamos de este tipo de mineralizaciones pues en sus paragénesis (asociaciones de minerales típicas de cada yacimiento) están presentes en menores concentraciones diferentes minerales del tipo M.P.E./c. tales como asociaciones de cobalto (Co), tántalo (Ta), niobio (Nb), molibdeno (Mo), bismuto (Bi) y otros.

El denominado “Cinturón Ibérico del Wolframio y Estaño” (figura 3.2) es uno de los distritos mineros más importantes a escala mundial por el amplio número de indicios mineros que incluye y por su dilatada trayectoria explotadora.

Además de los minerales de W-Sn, se incluyen también numerosos indicios de uranio (U), oro (Au), cobre (Cu), níquel (Ni) y otros como más adelante se verá. En su conjunto esta “provincia” minera alberga alrededor de 1.700 indicios mineros y pequeñas minas antiguas abandonadas de estos metales. La mayor parte de estos indicios minerales fueron explotados de una manera artesanal durante los periodos de apogeo de la industria vinculada a los mismos, especialmente en relación con los grandes conflictos bélicos de finales del siglo XIX y todo el siglo XX. Así, todo el Oeste y Noroeste ibérico está punteado de numerosas explotaciones mineras, algunas de importantes dimensiones, abandonadas desde hace 50 o más años y, evidentemente, sin restauración dado que, en aquellos años no había la conciencia ambiental que existe hoy en día.

En muchas de estas minas se observan masas de escombros donde, a día de hoy, se podrían explotar minerales de interés que, en su día, se rechazaron pues las menas buscadas eran los minerales de wolframio y estaño.

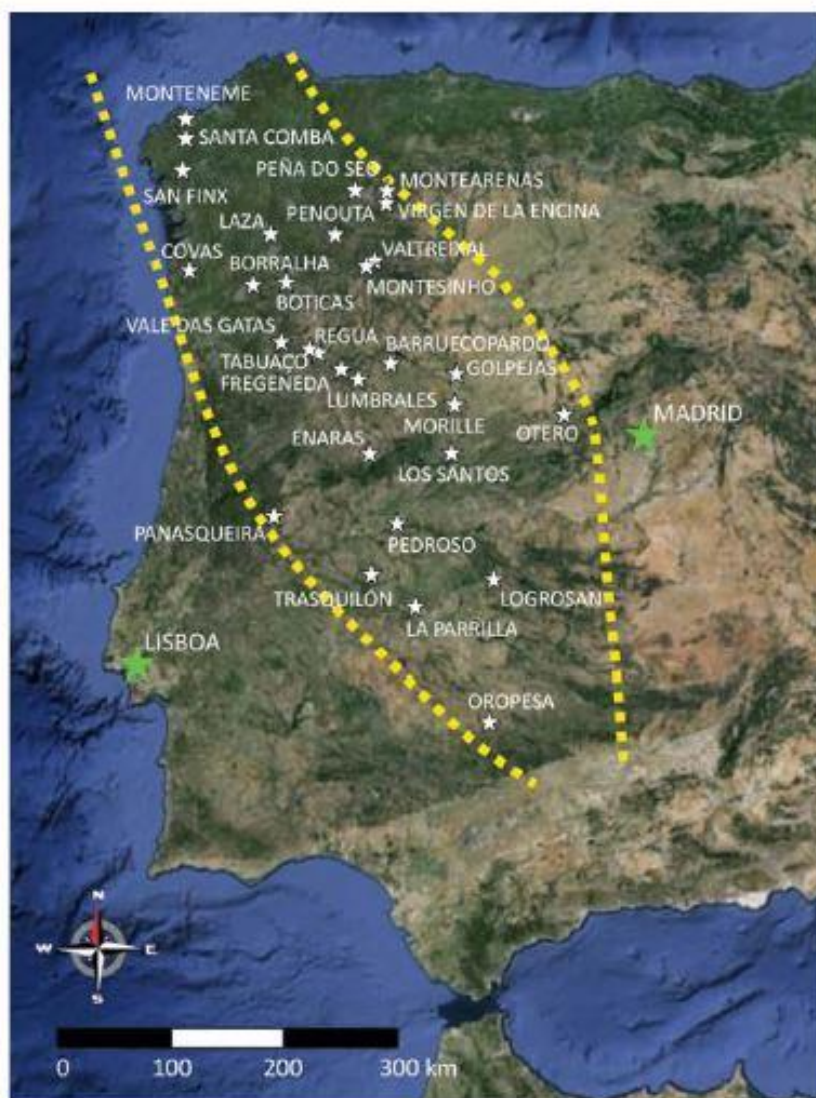
### **3.1.1. El caso de la Mina de Penouta (Orense)**

Se trata de una antigua explotación minera de W-Sn recuperada. En efecto, la explotación de las dos menas principales dio lugar al abandono de dos balsas mineras de decantación y una escombrera de residuos mineros que circundan las oficinas actuales de Strategic Minerals. El mineral, en una primera fase, no se arranca de la roca madre, sino de los vestigios de la actividad extractiva que se desarrolló en Viana do Bolo entre la década de los 70 y 1982, cuando la mina era propiedad de Rumasa.

Antes de que la explotación se clausurase en 1985 -una vez expropiada a la sociedad de Ruiz Mateos pasó a manos de Minas de Almadén y Arrayanes, filial de Sociedad Estatal de

Participaciones Industriales (SEPI)- la labor en Penouta se hacía a cielo abierto y con un sistema de trabajo que asumía el descarte de grandes cantidades de mineral sobrante.

Durante aquella etapa la planta vianesa carecía de maquinaria para molienda y trituración. En la práctica eso significaba que durante el proceso se perdía un volumen considerable de minerales, que terminaban depositados en las escombreras o en el fondo de las balsas. Según cálculos de Strategic Minerals, se habrían dejado de tratar alrededor de 15 millones de toneladas pues las anteriores empresas que explotaron Penouta usaban métodos de trabajo poco selectivos. En la década de los 80, por otra parte, la demanda de columbo-tantalita para la industria tecnológica era muy baja y la minería no podía aprovechar entonces los recursos como lo hace ahora debido a un problema de costes de extracción y refino.



**Figura 3.2.: Cinturón Ibérico del Wolframio y Estaño. Principales minas en explotación. Fuente: Fadon, et al (2020) op. cit.**

Fueron los descartes y residuos mineros de Penouta los que despertaron el interés de la empresa minera actual, después de que Enadimsa realizara un estudio en 1984 que señalaba el potencial de las balsas y escombreras. En 2013 Strategic Minerals logró una declaración de impacto ambiental positiva de la Xunta de Galicia y en un tiempo récord la mina inició la explotación. Tener que extraer minerales útiles de residuos mineros supone un reto importante. No es como trabajar con una veta de mineral en roca madre. Las leyes, no obstante, no son malas pues se recupera de las escombreras o balsas de Penouta cerca de un 1% en peso de minerales metálicos con valor importante como la columbo-tantalita y el estaño. La mina genera también cuarzo o feldespato. El 99% restante se compone de cuarzo, feldespato potásico y sódico, mica blanca y caolinita, materiales industriales que se comercializan para “revalorizar todo lo posible el residuo minero”. Según los cálculos de Strategic Minerals, los minerales metálicos y los “subproductos” suman el 85% en peso de todo lo extraído.

La sociedad operadora dispone de dos licencias: una conocida como Sección B para explotar los “residuos” dejados por sus antecesores y otra de tipo C, que le permite investigar el aprovechamiento de la roca madre de Penouta. La primera permite su labor actual. La segunda es una puerta abierta para mantener la actividad en el futuro, en caso de que la empresa lo considere viable. De hecho, ya se está trabajando en la exploración geológica de detalle del entorno y en la construcción de una mina subterránea en el macizo rocoso de Penouta.

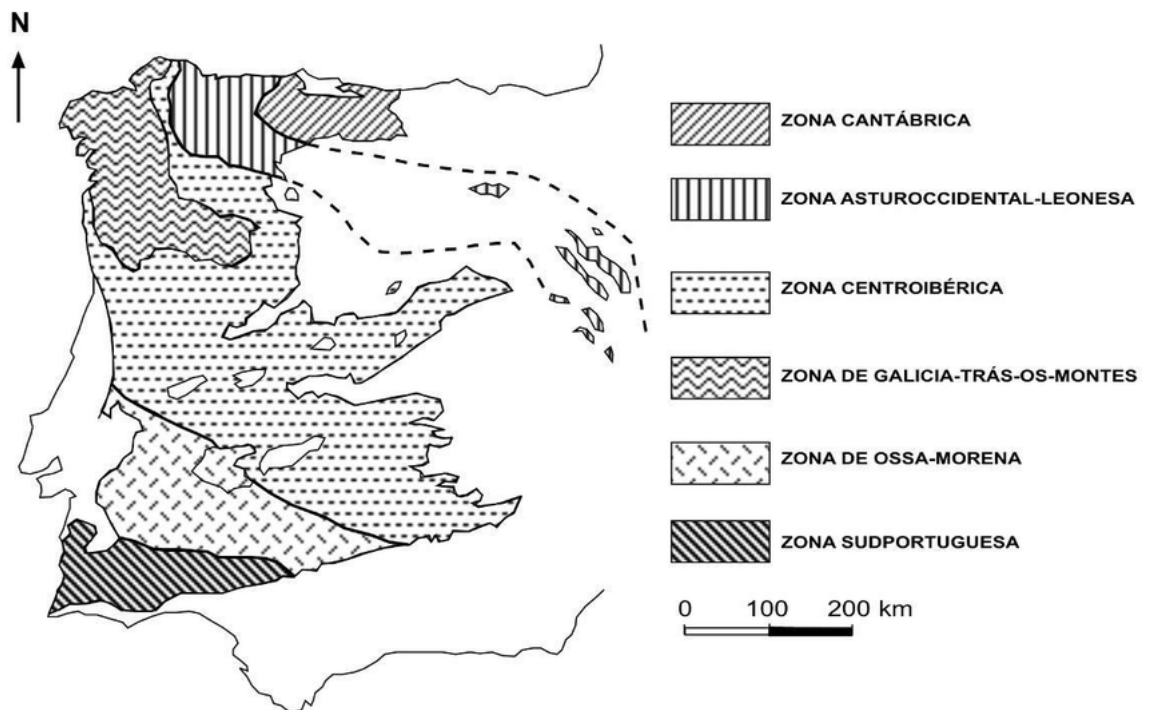
La puesta en marcha de la mina de Penouta logró algo no muy común en las minas: iniciar su actividad sin apenas rechazo social. Parte de esa ausencia de oposición reside en el compromiso de Strategic Minerals de que, tras su labor, “la calidad ecológica mejorará” respecto a cómo estaba el entorno hace apenas unos meses pues se procederá a la restauración de todo el espacio minero que, hasta este proyecto, estaba muy degradado.

Este caso de la Mina de Penouta es muy común en otras muchas explotaciones antiguas del cinturón ibérico por lo que el potencial de toda esta provincia minera es muy grande tanto para las menas tradicionales como para las Materias Primas Estratégicas/ críticas.

### **3.2. Análisis de los recursos mineros M.P.E./c. en el Cinturón Ibérico desde el punto de vista geológico.**

Geológicamente este tipo de mineralizaciones se incluyen en el Macizo Ibérico del Orogéno Varisco, encontrándose la mayoría de los yacimientos distribuidos a lo largo de las zonas geotectónicas de Galicia Tras-Os-Montes y Centro Ibérica y, en menor medida, en puntos

de las zonas Asturoccidental-Leonesa y de Ossa Morena, en el sentido clásico dado por Lotze (1945) y Julivert et al (1972) como se recoge en la figura 3.3.



**Figura 3.3. Esquema simplificado de la división en zonas del Macizo Varisco en el NO de la Península Ibérica. Basado en Lotze (1945), Julivert et al. (1972) y Farias et al. (1987).**

Este distrito minero alberga una gran variedad de tipologías de yacimientos minerales, aunque siempre vinculadas genéticamente a la intrusión de diferentes cuerpos graníticos de naturaleza petrológica y petroquímica muy variadas.

Aunque la gran mayoría de las mineralizaciones son de tamaño medio o pequeño, existen algunos ejemplos de yacimientos muy representativos que han tenido y aún tienen actualmente una intensa y dilatada historia minera. Las tipologías de yacimientos son diversas y en todas las ocasiones las mineralizaciones son portadoras de W-Sn y sus metales asociados (Nb, Ta, Be, Bi, etc.), si bien la distribución de estos últimos no es homogénea en las diferentes paragénesis existentes.

Los yacimientos más habituales de este distrito minero son de naturaleza filoniana, bien encajando en filones de cuarzo o asociados a diques aplíticos, pegmatíticos o mixtos. Se trata de filones tanto intratolíticos como exobatolíticos, siempre encajados en metasedimentos mayoritariamente de edades infraordovícicas.

Las minas más representativas de estas tipologías serían:

a).- Depósitos filonianos con wolframita:

Peña do Seo (León), y Vilardevós o Casaio (ambas en Orense)

b).- Yacimientos filonianos con scheelita:

Barruecopardo o Valderrodrigo (Salamanca), La Parrilla (Cáceres).

c).- Depósitos filonianos con wolframita-scheelita:

Borralha (Portugal).

d).- Mineralizaciones de wolframita-casiterita:

Panasqueira y Vale das Gatas (ambas en Portugal); Monteneme,

Santa Comba y San Finx (Coruña); Fontao y Baltar (Orense)

e).- Filones con scheelita-wolframita-casiterita:

Area de Morille-Martinamor (Salamanca).

f).- Estructuras filonianas con casiterita:

Ervedosa y Montesinho (Portugal); Oropesa (Cordoba),

Lumbrales (Salamanca) o Valtreixal (Zamora)

g).- Yacimientos ligados a diques cuarzopegmatoides:

Zona de La Fregeneda (Salamanca).

Otro grupo de yacimientos aglutina aquellos ligados directamente a los cuerpos ígneos, es decir aquellas mineralizaciones encajadas directamente en cúpulas aplopegmatíticas o bien en estructuras brechoides (stockworks) localizados en la corteza de greisen que orlan dichas cúpulas.

Los ejemplos más significativos de esta tipología serían los yacimientos de Bejanca (Portugal), Penouta y Alberta (Orense), Golpejas y Enaras (Salamanca).

### **3.3. La explotación minera y las producciones históricas**

La explotación minera de este distrito ha supuesto la producción de cantidades muy importantes de wolframio y estaño obtenidas durante el principio y la mitad del pasado siglo XX. Desde el colapso de la minería del wolframio y el estaño a mediados de los 80, la explotación minera ha sido prácticamente nula. En Portugal la minería del wolframio y el estaño aguantó mucho mejor la crisis y tras unos años de dudas resurgió con gran fuerza alcanzando un periodo de 'oro' entre 1990 y 2001. A partir de ese momento la decadencia fue

paulatina y la única mina que consiguió sobrevivir, y lo ha hecho hasta hoy día, fue la mina de Panasqueira, con producciones medias cercanas a las 60 t/año.

En España durante muchos años la única explotación de estaño en activo fue la mina Insuperable localizada en la localidad salmantina de la Puebla de Azaba. Se trataba de una explotación artesanal que beneficiaba un coluvión con contenidos significativos de estaño y que cerró en 2012. Durante los años 2011 a 2017 la mina coruñesa de San Finx aportó al mercado europeo una breve producción cercana a 108 t de Sn metal, pero desde 2017 está paralizada.

El relevo actual de estas explotaciones es la mina orensana de Penouta que entró en explotación en 2018 habiendo producido en su primer año unas 81 t de Sn metal (últimos datos oficiales). La mina Penouta es una mina estannífera clásica que inició su andadura en 1906 para cerrar definitivamente en 1985 y que actualmente está viviendo un resurgimiento a través de la compañía Strategic Minerals Spain S.L. En esta nueva etapa se explotan sus significativos contenidos en tantalio y niobio, además del estaño que fue tradicionalmente el recurso principal.

En cuanto a la producción de wolframio y estaño, dentro de la Unión Europea es prácticamente nula con un valor promedio, a nivel mundial, en los últimos años del ~0,05%. Esta producción europea corresponde exclusivamente con las minas ibéricas que son los únicos productores actuales de la UE.

La producción de Portugal es variable, con máximos que alcanzaron en 2015 las 108 t/año y mínimos que no superaron las 47 t/año. La producción promedio ronda las 90 t/año, lo que supone el ~0,04% de la producción mundial. La producción española no es menos irregular, habiendo producciones que alcanzan las 80 t/año, como la del año 2018, y muchos años en los que ésta ha sido completamente nula. La contribución española promedio en los últimos 8 años es testimonial con el 0,01% de la producción mundial. El resto de países productores aportan cantidades ínfimas del ~0,1% de la producción global de estaño.

En cuanto a la producción histórica del resto de metales asociados (Ta, Nb, Bi, Mo), puede decirse que el resto de los metales existentes en estas mineralizaciones, es decir: Li, Co, Ta, Nb, Mo y Bi no presentan cifras de explotación significativas, aunque su presencia está demostrada en todas ellas. Tan solo son destacables las producciones de tantalio que se extrajeron en los últimos años de explotación de la mina salmantina de Golpejas y que, según los datos históricos recopilados, pudieron rondar las 167 toneladas de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

El resto de los metales asociados en estas mineralizaciones como Nb, Mo o Bi no han generado producciones de interés salvo un comercio puntual y residual con los concentrados de sulfuros obtenidos de la limpieza de los productos principales. A este respecto cabe resaltar algunos lotes de sulfuros con alto porcentaje de Mo extraídos del yacimiento salmantino de Lumbrales y algunos intentos de comercialización del Ta y Nb contenidos en la mina de Penouta (pero sin continuidad temporal).

Para efectuar la estimación del potencial aún disponible dentro del 'Cinturón Ibérico' debe tenerse en cuenta que los yacimientos más importantes del distrito disponen de estudios de valoración de su potencial minero calculados en base a criterios objetivos adaptados a los estándares internacionales aplicables en minería.

Cuantificar los recursos minerales disponibles en el resto de los casi 1.700 indicios y pequeñas minas que forman parte del 'Cinturón Ibérico' es una tarea imposible por la falta de información.

No obstante, y a modo completamente informativo, se han realizado estimaciones cuantificando el potencial de estas minas en un 50% adicional de los recursos globales calculados para las mineralizaciones principales.

Además de los recursos de wolframio y estaño, el "Cinturón Ibérico" presenta un interesante potencial en otros metales estratégicos y críticos como son el tantalio, el cobalto y el niobio, más conocidos como coltán.

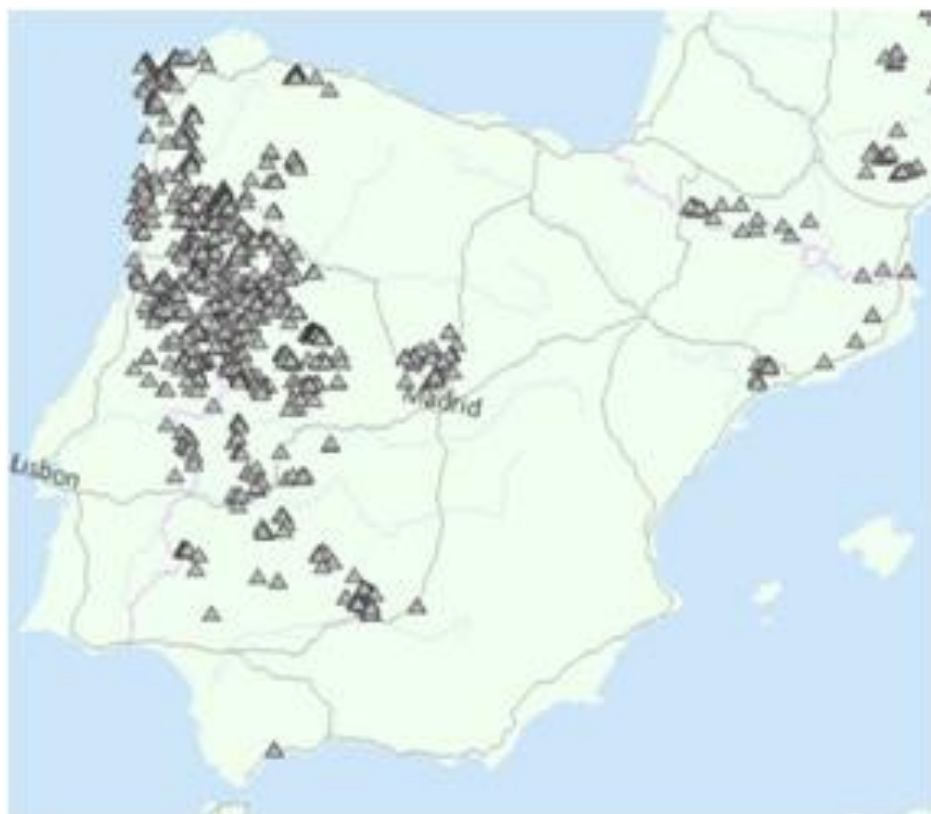
Tradicionalmente la única mina que benefició el tántalo fue la mina salmantina de Golpejas de la que se extrajeron 167 t de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En esta mina aún existirían recursos cubicados del orden de 50 t Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Actualmente el mayor potencial cubicado para estos metales lo proporciona la mina de Penouta que albergaría del orden de 14.284 t de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> más otras 13.281 t de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (considerando todos los recursos disponibles en el yacimiento, independientemente de su categoría, primarios como secundarios). Además en el yacimiento salmantino de Enaras hay estimados unas 984 t de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y otras 1.092 t de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

En el yacimiento orensano de Alberta II la compañía Strategic Minerals, que es la empresa explotadora de Penouta, está investigando unos diques mineralizados que presentan unos recursos del orden de 1.492 t Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. También se pueden citar otros proyectos que están iniciando su investigación, como el yacimiento salmantino de Villasrubias que presentan unos resultados preliminares con altas leyes en Ta, Nb y Sn (además de Li que es el elemento

principal). El Proyecto Lumbrales (Salamanca), presenta cantidades reseñables de otro de los metales asociados a estas mineralizaciones como es el Mo, del cual podría albergar unas 300 t de Mo metal.

De todo lo anterior, se deduce la gran importancia del Cinturón Ibérico desde el punto de vista de la Materias Primas Estratégicas/críticas definidas por la Unión Europea.

En resumen, en el Oeste y el Noroeste de la Península Ibérica se cuenta con casi 2.000 indicios de estos minerales y elementos denominados hoy en día M.P.E./c., pero el grado de conocimiento de los mismos es muy bajo, salvo en las minas que han tenido una cierta historia minera. En estas se conocen las cantidades residuales existentes de los minerales y metales beneficiados (principalmente Estaño y Wolframio) pero no los existentes sobre aquellos minerales y metales que, en su día, fueron considerados como gangas. Está por investigar este aspecto que es de gran interés actualmente. A continuación se recogen una serie de figuras (figuras 3.4 a 3.8) resumen de la distribución de diferentes indicios minerales dentro del cinturón ibérico del W- Sn.



**Figura 3.4. Distribución geográfica de minas, minas abandonadas e indicios minerales de W y Sn en el Oeste de la península ibérica.**

*Fuente: Moratilla Soria, Yolanda y Sáenz de Santa María Benedit, José Antonio (2023) "Materias Primas Minerales "Made in Spain". Su importante papel dentro de la transición energética española y europea". Conferencias del Real Instituto De Estudios Asturianos (R.I.D.E.A.). Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geológico y Minero de España.*





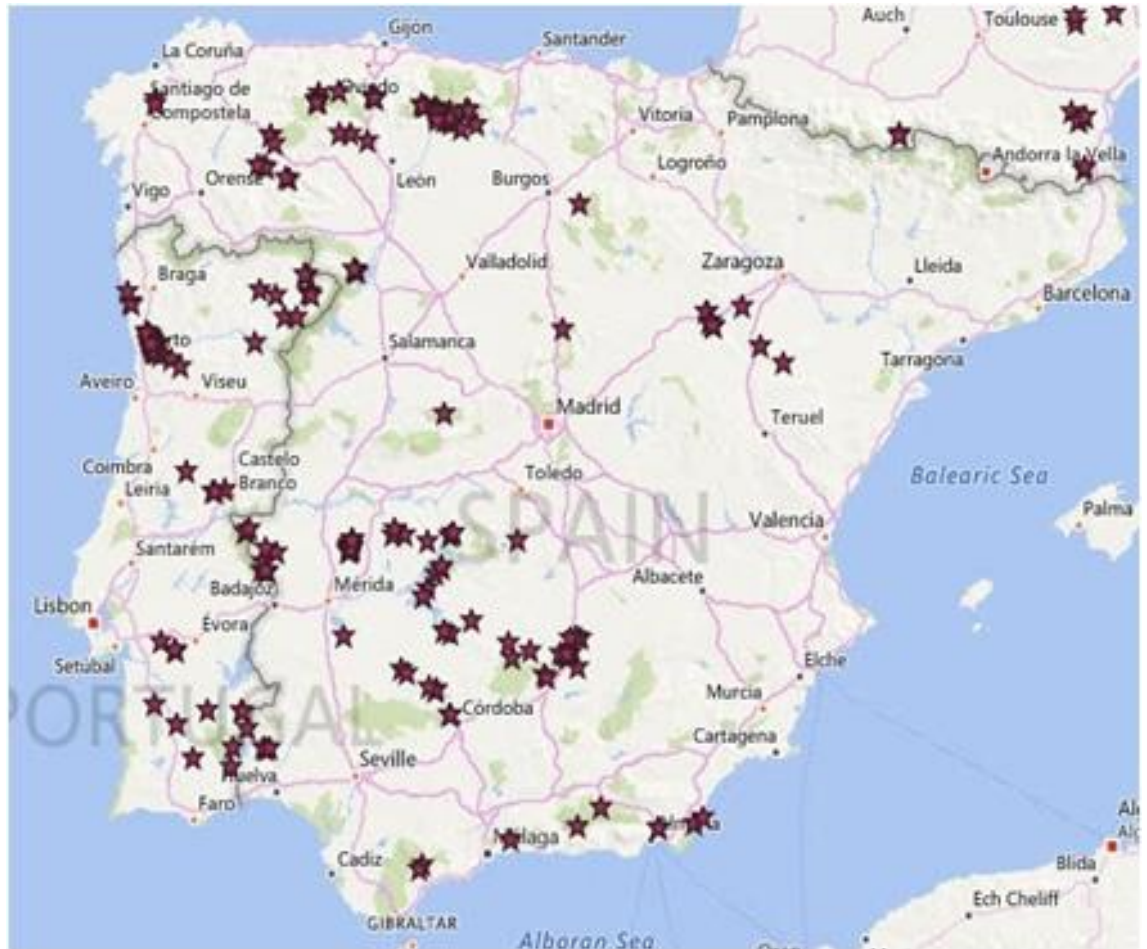
**Figura 3.5. Distribución geográfica de minas, minas abandonadas e indicios minerales de Niobio y Tántalo en el Oeste de la península ibérica.**

*Fuente: Moratilla Soria, Yolanda y Sáenz de Santa María Benedet, José Antonio (2023) "Materias Primas Minerales "Made in Spain". Su importante papel dentro de la transición energética española y europea". Conferencias del Real Instituto De Estudios Asturianos (R.I.D.E.A.). Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geológico y Minero de España.*



**Figura 3.6.** *Distribución geográfica de minas, minas abandonadas e indicios minerales de Cromo, Níquel y Titanio en el Oeste de la península ibérica.*

*Fuente: Moratilla Soria, Yolanda y Sáenz de Santa María Benedet, José Antonio (2023) "Materias Primas Minerales "Made in Spain". Su importante papel dentro de la transición energética española y europea". Conferencias del Real Instituto De Estudios Asturianos (R.I.D.E.A.). Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geológico y Minero de España.*



**Figura 3.7. Distribución geográfica de minas, minas abandonadas e indicios minerales de Antimonio en el Oeste de la península ibérica.**

*Fuente: Moratilla Soria, Yolanda y Sáenz de Santa María Benedet, José Antonio (2023) "Materias Primas Minerales "Made in Spain". Su importante papel dentro de la transición energética española y europea". Conferencias del Real Instituto De Estudios Asturianos (R.I.D.E.A.). Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geológico y Minero de España.*



**Figura 3.8. Distribución geográfica de minas, minas abandonadas e indicios minerales de Berilio y Magnesio en el Oeste de la península ibérica.**

*Fuente: Moratilla Soria, Yolanda y Sáenz de Santa María Benedet, José Antonio (2023) "Materias Primas Minerales "Made in Spain". Su importante papel dentro de la transición energética española y europea". Conferencias del Real Instituto De Estudios Asturianos (R.I.D.E.A.). Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geológico y Minero de España.*

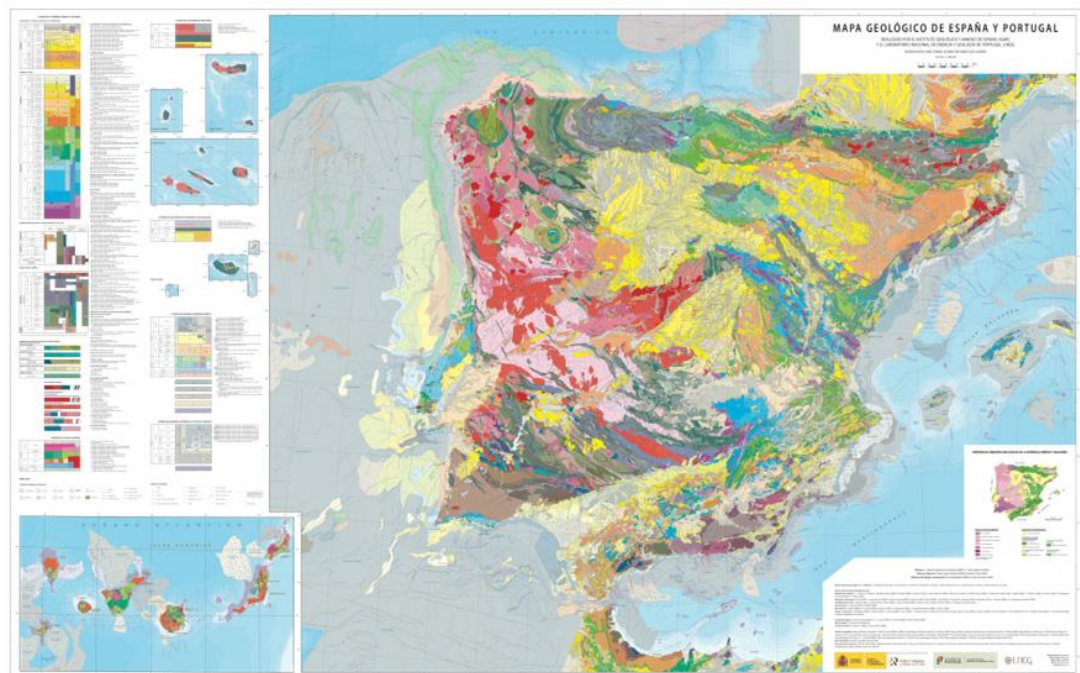
Como puede observarse en las figuras citadas, además de observarse indicios minerales en el Cinturón Ibérico, algunos indicios también se han observado y catalogado en otras zonas de la península ibérica también de geología antigua paleozoica o precámbrica como el núcleo de los Pirineos Centrales, el Sistema Central español y algunas partes del macizo hercínico de las provincias de Ciudad Real, Córdoba, Huelva, etc.

### **3.4. Análisis de los recursos mineros M.P.E./c. La infraestructura geológica española.**

España, junto con Portugal, es uno de los países del mundo que atesora un mayor conocimiento geológico básico de su territorio, conseguido a lo largo de más de 50 años de

trabajo cartográfico intensivo durante la segunda mitad del siglo XX aunque los primeros estudios y mapas geológicos del país datan de mediados del siglo XIX.

Así, existe un moderno Mapa Geológico Nacional, escala 1:50.000 (Proyecto Magna) que recoge de una forma muy precisa todos los terrenos que conforman la geología nacional. Se trata de unas 1.100 hojas que contienen la información geológica, estratigráfica, hidrogeológica, geotécnica, etc. que sirve de base para multitud de estudios de todo tipo basados en las características del terreno. Tan importante como la imagen cartográfica es la memoria descriptiva de cada hoja que contiene numerosos datos y muestras guardadas en el Instituto Geológico y Minero de España que es la Institución encargada de realizar este tipo de trabajos. En la Figura nº 3.9. se recoge el Mapa Geológico Nacional de España y Portugal 1:1.000.000 que constituye un resumen del Mapa geológico 1:50.000 descrito.



**Figura 3.9. Mapa Geológico Nacional de España y Portugal 1:1.000.000 resumen de los datos de los Mapas Geológicos Nacionales 1:50.000.**

*Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.*



A partir de la información geológica contenida en estos mapas se ha realizado también, por el Instituto Geológico y Minero de España, un detallado inventario de los indicios minerales y minas presentes en nuestra geografía. De ese trabajo surge el Mapa Metalogenético de España 1:200.000 que incluye todos los indicios minerales registrados hasta la fecha en nuestro país junto con una breve descripción de los mismos. Este mapa es básico para los intereses de la industria y para el desarrollo de la exploración y la minería de M.P.E./c. Como el anterior, el mapa se divide en una serie de hojas cargadas de datos técnicos. Un ejemplo del mismo se recoge en las figuras 3.10 y 3.11. En estas figuras, mediante símbolos, se recoge la información de los diferentes indicios (tamaño, composición, estructura, origen, etc.)

Así mismo, existen otras infraestructuras mineras básicas como es el Catastro Minero y el Mapa Geoquímico de Superficie también realizado por el Instituto Geológico y Minero de España.

Por tanto, desde el punto de vista geológico se puede decir que la información geológica, geotécnica, geoquímica y metalogenética en España es muy exhaustiva en el ámbito de la definición y situación de los indicios e incluso de una primera conclusión acerca de su origen y desarrollo. En los mapas y memorias del Mapa Metalogenético citado se incluyen todos los indicios minerales reconocidos a la fecha, aun pendientes de investigación geológica y minera de detalle

Sin embargo, este conocimiento es engañoso pues está muy falto de estudios geológicos y mineros de detalle. Dada la necesidad urgente de reactivar el sector minero productor de M.P.E./c. para rellenar las necesidades de la demanda europea, sería necesario ejecutar numerosos planes de investigación geológica y desarrollo minero que permitan a alguno de nuestros indicios convertirse en explotaciones viables de M-P-E./c. en el medio plazo.

#### **3.4.1. Galicia y Asturias. Indicios de M.P.E./c.**

Con motivo de este informe, se ha realizado una recopilación de los indicios minerales más importantes conocidos en los territorios de Asturias y Galicia, objeto de este informe.

Se han desarrollado así una serie de mapas que se recogen como Anexos I y II. Sobre una base de cartografía geológica de cada una de las regiones, se han situado los indicios minerales más importantes recogidos en el Mapa Metalogenético de España y en las bases de datos de la Unión Europea. Así, páginas como EGDI (European Geological Infrastructure) condensan la información de minerales estratégicos en Europa. La dirección electrónica es: <https://data.geus.dk/egdi/>

En el caso de Asturias, se han utilizado también datos de una publicación de reciente aparición: [34]. Estos mapas, de elaboración propia a partir de datos de esta publicación en la que interviene uno de los autores de este informe pueden encontrarse también en [35].

En los diferentes planos geológicos adjuntos pueden verse la distribución de indicios de las diferentes sustancias y la importancia que tienen estas regiones desde el punto de vista de las reservas y recursos de M.P.E./c.

Debe señalarse, no obstante, que las inversiones en exploración geológica y planificación minera previas a la puesta en explotación de minas en estas regiones debe ser muy intensiva en capital y debe realizarse a corto y medio plazo. Un programa nacional de investigación geológica y minera de M.P.E./c. es muy necesario en estos momentos y requerirá de numerosos esfuerzos por parte de numerosos técnicos especialistas y empresas. Su ejecución solo podrá realizarse en colaboración entre el Estado y las empresas privadas.

Como puede observarse, entre Asturias y Galicia, más de 700 indicios minerales deben ser estudiados en el plazo de tiempo más breve posible. Es un trabajo previo a la posible puesta en explotación de minas de materias primas estratégicas y críticas que ayuden a paliar el déficit de estas sustancias en la Unión Europea.

### **3.5. Análisis de los recursos mineros M.P.E./c. Conclusiones.**

Como conclusión de lo dicho, el borde occidental de la Península Ibérica (Galicia, Asturias, Castilla y León, Extremadura, Norte de Andalucía y zonas Centro y Norte de Portugal), conocido como el 'Cinturón Ibérico', es uno de los distritos mineros más importantes a escala mundial por el amplio número de indicios mineros que incluye y por su dilatada trayectoria minera. Este distrito alberga alrededor de 1.700 indicios mineros y pequeñas minas de estos metales, la mayor parte de las cuales fueron explotadas de una manera artesanal durante los periodos de apogeo de la industria vinculada a los mismos.

Todo ello lo convierte en el distrito estanno-wolframífero con mayor potencial de Europa pudiendo afianzarse en las próximas décadas como la zona productora más importante de toda



la UE y con un importante peso a nivel mundial. Así mismo, la presencia junto al estaño y wolframio de numerosos minerales de interés actual para la transición ecológica hace pensar que podría ser una fuente de este tipo de metales tan necesarios en la Unión Europea.

Algunas estimaciones permiten hablar de unos recursos de unas 600.000 toneladas de  $WO_3$ , 550.000 toneladas de Sn metal, 17.000 ton de  $Ta_2O_5$ , 14.000 ton de  $Nb_2O_5$ , unas 300 toneladas de Mo metal. Otros minerales como Oro, Uranio, Litio y Cobalto están también presentes en el distrito y deben ser objeto de estudio.

# Capítulo 4

## Conclusiones

En este informe, realizado para la Fundación Corell, se ha explicado la importancia que presentan las materias primas críticas y estratégicas para la industria europea y, en especial, para llevar a buen término la Transición Energética. Se ha llevado a cabo un análisis de la dependencia que presentan las industrias gallega y asturiana de este tipo de materias y se ha realizado un caso de estudio sobre el vehículo eléctrico. Posteriormente, se ha analizado la capacidad de extracción que presentan las regiones ya mencionadas.

Las materias primas críticas y estratégicas son fundamentales para poder acometer la Transición Energética debido a que se requieren en la fabricación de un sinnúmero de tecnologías de generación eléctrica renovable, almacenamiento de energía, tecnologías de reducción de emisiones, etc. El suministro de estas materias depende casi en su totalidad de países externos a la Unión Europea, especialmente de China, lo que hace que estas materias presenten riesgo de suministro.

Las regiones de Asturias y Galicia presentan una alta dependencia industrial de este tipo de materias. Sectores como el automovilístico, energético, siderúrgico y TIC son especialmente intensivos en su consumo de materias primas críticas, lo que podría poner en riesgo la industria local en caso de que se produjese desabastecimiento.

El vehículo eléctrico también presenta una alta dependencia de materias primas críticas y estratégicas. Por una parte, las baterías de litio requieren grandes cantidades de litio y cobalto para su fabricación. Por otra parte, los vehículos eléctricos también presentan una demanda muy elevada de materiales como el cobre, empleado además en las infraestructuras de recarga.

En cuanto a la presencia de yacimientos en España, se ha realizado un análisis de los mismos en las regiones de Asturias y Galicia, concluyéndose que España presenta uno de los principales yacimientos europeos de estaño y cobalto.

Como conclusión final, las materias primas críticas y estratégicas están llamadas a desempeñar un papel fundamental en la Transición Energética, pero su suministro de ve amenazado por factores geopolíticos. Para poder llevar a buen término esta Transición Energética, es vital comenzar a explotar los recursos autóctonos de los diversos países de la Unión Europea, donde España presenta un papel privilegiado debido a su riqueza mineral.

# Bibliografía

[1]: Resiliencia de las materias primas fundamentales: trazando el camino hacia un mayor grado de seguridad y sostenibilidad ES, R. (s/f). COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES. Europa.eu. Recuperado el 9 de abril de 2023, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>

[2]: Economía circular y materias primas secundarias. (2020, diciembre 21). CECAM. <https://cecam.es/optimiza-tus-residuos/material-informativo/economia-circular-materias-primas-secundarias/>

[3]: Algora Weber, D. El impacto geopolítico de las tierras raras en el orden internacional

Revista Economía Industrial (Geoconomía Industrial). Vol. 420. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Madrid, 2º trimestre 2021. (Pgs. 47-58) ISSN 0422-2784

[4]: Valero, A., Valero, A., Calvo, G., & Ortego, A. (2018). Material bottlenecks in the future development of green technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 178-200.

[5]: Más, M. es. (1649147443000). Ni son tierras, Ni son raras. LinkedIn.com. <https://www.linkedin.com/pulse/ni-son-tierras-raras-miner%C3%ADa-es-m%C3%A1s/?originalSubdomain=es>

[6]: Villar y Susana J. Segal, L. M. (s/f). Elementos del grupo del platino y sus minerales. Modelos de depósitos en la Argentina y en el mundo. Gov.ar. Recuperado el 5 de junio de 2023, de

[https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/4226/Serie%20Contribuciones%20T%C3%A9cnicas\\_Recursos%20Minerales\\_N%C2%BA%2030.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/4226/Serie%20Contribuciones%20T%C3%A9cnicas_Recursos%20Minerales_N%C2%BA%2030.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[7]: Martínez, J. (2022, enero 11). Tierras raras y materias primas críticas: el petróleo del siglo XXI que España tiene y no explota... o no lo suficiente. 20minutos.

<https://www.20minutos.es/noticia/4922764/0/tierras-raras-y-materias-primas-criticas-el-petroleo-del-siglo-xxi-que-espana-tiene-y-no-explota-o-no-lo-suficiente/>

[8]: Escribano Bombín, M., López Jimeno, C., Mataix González, C., Manual de minerales críticos y estratégicos en la nueva economía, 2019, Ingeominas

[9]: PEIRÓ, Laura Talens; DURANY, Xavier Gabarrell. Economía circular y ecosistemas industriales: Caso de estudio para la recuperación de metales de los aparatos eléctricos y electrónicos. Economía industrial, 2020, no 416, p. 97-109.

[10]: Achzet, Benjamin, A Reller, and V Zepf. 2011. Materials Critical to the Energy Industry: An Introduction. Augsburg: University of Augsburg

[11]: 1.5. Estructura económica - Guide to Business in Spain (ICEX). (2020, julio 7). Guide to Business in Spain (ICEX); Guía de Negocios en España.

<https://www.guidetobusinessinspain.com/espana-un-pais-atractivo-para-la-inversion/1-5-estructura-economica/>

[12]: Estadística Estructural de Empresas: Sector Industrial Año 2020. Resultados definitivos. 2022, INE.

[13]: <https://datosmacro.expansion.com/ccaa>

[14]: Los minerales. Minería Sostenible de Galicia (2018, noviembre 5).; Minería Sostenible. <https://minariasostible.gal/es/los-minerales-de-galicia/>

[15]: <https://mineralseducationcoalition.org/wp-content/uploads/MEC-Fact-Sheet-Wind-Turbines.pdf>

[16]: Economía Digital Galicia. (2022, abril 3). La industria de las TIC crece a su mayor ritmo en cinco años y supera los 20.000 empleos en Galicia. Economía Digital Galicia.

<https://www.economiadigital.es/galicia/empresas/la-industria-de-las-tic-crece-a-su-mayor-ritmo-en-cinco-anos-y-supera-los-20-000-empleos-en-galicia.html>

[17]: <https://www.clusterticgalicia.com/>

[18]: BOBBA, Silvia, et al. Critical raw materials for strategic technologies and sectors in the EU. A Foresight Study. 2020.

[18]: [https://industriasestractivas.asturias.es/inicio?p\\_p\\_id=pa\\_industriasestractivas\\_insdustriasestractivassearchmodule\\_IndustriasSearchModulePortlet&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&\\_pa\\_industriasestractivas\\_insdustriasestractivassearchmodule\\_IndustriasSearchModulePortlet\\_javax.portlet.action=searchIndustries&p\\_auth=nkVAOrYF](https://industriasestractivas.asturias.es/inicio?p_p_id=pa_industriasestractivas_insdustriasestractivassearchmodule_IndustriasSearchModulePortlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_pa_industriasestractivas_insdustriasestractivassearchmodule_IndustriasSearchModulePortlet_javax.portlet.action=searchIndustries&p_auth=nkVAOrYF)

[19]: [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/ii-plan-accion-estrategia-digitalizacion-2021-2023\\_tcm30-583049.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/ii-plan-accion-estrategia-digitalizacion-2021-2023_tcm30-583049.pdf)

[20]: <https://es.statista.com/estadisticas/1021929/produccion-de-hulla-y-antracita-en-asturias/>

[21]: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/crms-for-medical-devices-17d964>

[22]: [https://tv.comillas.edu/media/La+carrera+por+los+recursosA+C%C3%B3mo+las+materias+primas+cr%C3%ADticas+pueden+moldear+el+panorama+energ%C3%A9tico+futuro+-+22+de+Marzo+de+2023/1\\_9xy2ob7f/204862343](https://tv.comillas.edu/media/La+carrera+por+los+recursosA+C%C3%B3mo+las+materias+primas+cr%C3%ADticas+pueden+moldear+el+panorama+energ%C3%A9tico+futuro+-+22+de+Marzo+de+2023/1_9xy2ob7f/204862343)

[23]: <https://www.clustertic.net/socios/>

[24]: <https://www.fundacionctic.org/es/sobre-ctic>

[25]: Redondo, N. L. (2023, marzo 29). Ya es oficial: Europa prohíbe los coches diésel y gasolina tal y como los conocemos a partir de 2035. Movilidad Eléctrica. <https://movilidadelectrica.com/europa-prohibe-coches-diesel-gasolina-2035/>

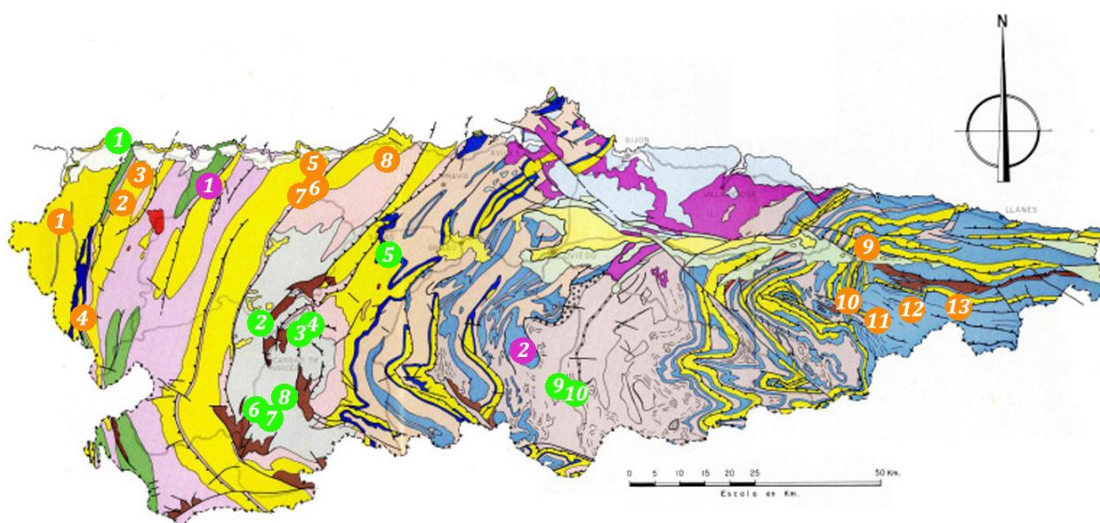
[26]: Energía nuclear en el mundo. (2020, marzo 31). Foro Nuclear. <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/energia-nuclear-en-el-mundo/>

[27]: Anuario Movilidad Eléctrica 2022-2023. (2023, abril 18). AEDIVE. <https://aedive.es/anuario-movilidad-electrica-2022/>

- [28]: Cordero, D. (2023, enero 2). Las ventas de coches se desploman en 2022 hasta su nivel más bajo de los últimos nueve años. Ediciones EL PAÍS S.L. <https://elpais.com/economia/2023-01-02/las-ventas-de-coches-se-desploman-en-2022-hasta-su-nivel-mas-bajo-de-los-ultimos-nueve-anos.html>
- [29]: Méndez, I. G. (2023, abril 18). Presente y futuro del sector del vehículo eléctrico en España. Híbridos y Eléctricos. [https://www.hibridosyelectricos.com/coches/infraestructuras-recarga-ventas-ingresos-preferencias-sector-coche-electrico-examen\\_69118\\_102.html](https://www.hibridosyelectricos.com/coches/infraestructuras-recarga-ventas-ingresos-preferencias-sector-coche-electrico-examen_69118_102.html)
- [30]: Romojaro, R. (2023, febrero 28). Los datos que confirman el fracaso del coche eléctrico en España. Motor El País. <https://motor.elpais.com/coches-electricos/los-datos-que-confirman-el-fracaso-del-coche-electrico-en-espana/> ds
- [30]: Fernández/AMS, A. (2022, julio 21). ¿Tendrá Europa escasez de materias primas para fabricar coches eléctricos? Autopista.es. [https://www.autopista.es/noticias-motor/tendra-europa-escasez-materias-primas-fabricar-coches-electricos\\_260920\\_102.html](https://www.autopista.es/noticias-motor/tendra-europa-escasez-materias-primas-fabricar-coches-electricos_260920_102.html)
- [31]: Vranken, T. (s/f). Critical raw materials in Li-ion batteries. Innoenergy.com. Recuperado el 26 de junio de 2023, de <https://www.innoenergy.com/uploads/2023/01/critical-raw-materials-in-li-ion-batteries.pdf>
- [32]: López Jimerno, C. (22 de marzo de 2023) La carrera por los recursos: cómo las materias primas críticas pueden moldear el panorama energético [Sesión de conferencia]. Aula de Tecnologías Energéticas de la Cátedra Rafael Mariño, ICAI, Madrid, España
- [33]: Fadón Loro, O; Gómez, J.M.; Delgado Huertas, A.; Cabrera, R.; Sánchez-García, I. y Acebes, P.J. (2020).- “Valoración del potencial minero del Cinturón Ibérico de W-Sn”. Ingeopres, nº 286, pag. 30-38.
- [34]: Gutierrez Claverol, M y Villa Otero, E. (2023). Coordinadores “el Patrimonio Geológico de Asturias”. Real Instituto de Estudios Asturianos (R.I.D.E.A.) Oviedo.
- [35]: Moratilla Soria, Y y Sáenz de Santa María Benedet, J.A. (2023) “Materias Primas Minerales “Made in Spain”. Su importante papel dentro de la transición energética española y europea”. Conferencias del Real Instituto de Estudios Asturianos (R.I.D.E.A.).

# Anexos

## Anexo I: Mapas geológicos de Asturias

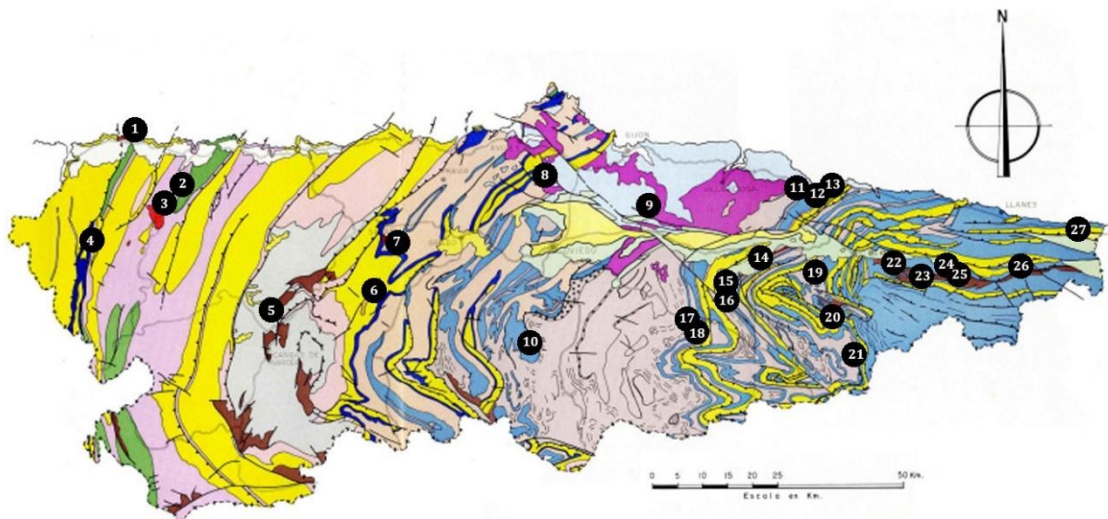


*Mapa geológico de Asturias compuesto por el Departamento de Geotectónica. Universidad de Oviedo (1978)*

*Minas e Indicios minerales según Gutiérrez Claverol, M. y Villa Otero, E. (coordinadores) 2021:  
"El Patrimonio geológico de Asturias". REAL INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANO (R.I.D.E.A), Oviedo.*

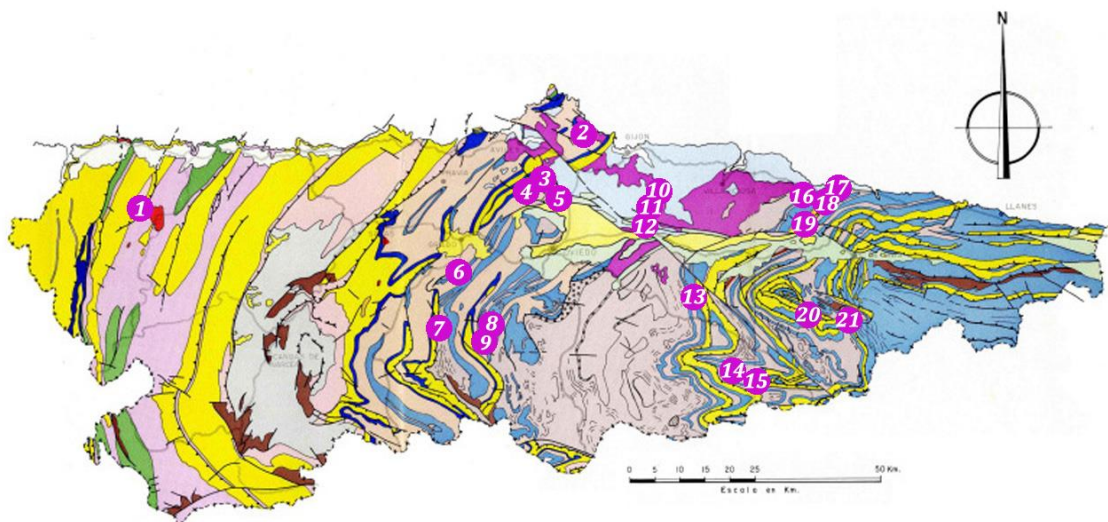
**DISTRIBUCION DE MINAS E INDICIOS DE** ● **ANTIMONIO** ● **COBALTO Y NIQUEL** ● **MANGANESO**

*Figura I.1. Mapa geológico de Asturias. Minas e indicios de antimonio, cobalto, níquel y manganeso*



Mapa geológico de Asturias compuesto por el Departamento de Geotectónica. Universidad de Oviedo (1978)  
 Minas e Indicios minerales segun Gutiérrez Claverol, M. y Villa Otero, E. (coordinadores) 2021:  
 "El Patrimonio geológico de Asturias". REAL INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANO (R.I.D.E.A), Oviedo.  
 DISTRIBUCION DE MINAS E INDICIOS DE COBRE EN ASTURIAS.

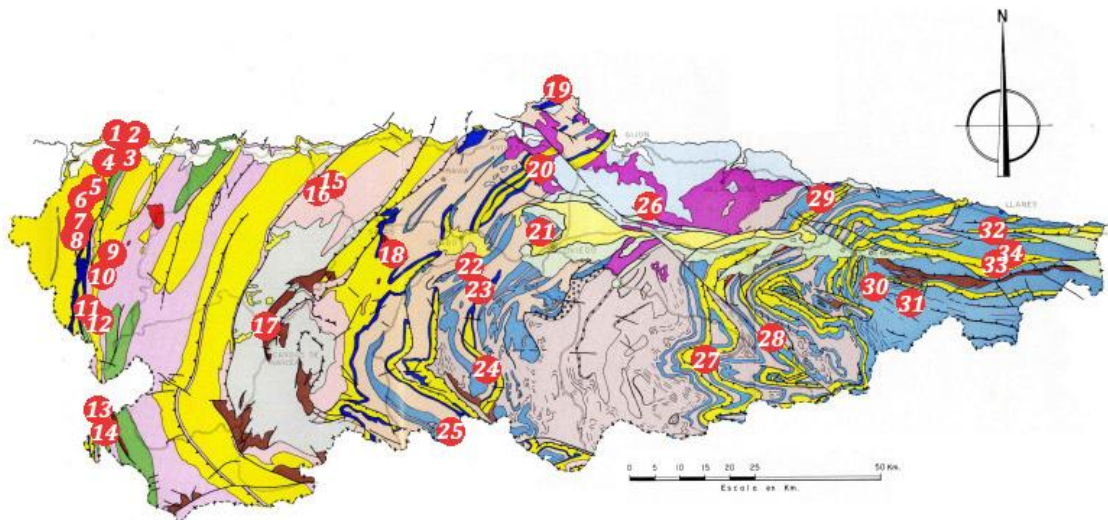
**Figura I.2. Mapa geológico de Asturias. Minas e indicios de cobre**



Mapa geológico de Asturias compuesto por el Departamento de Geotectónica. Universidad de Oviedo (1978)  
 Minas e Indicios minerales segun Gutiérrez Claverol, M. y Villa Otero, E. (coordinadores) 2021:  
 "El Patrimonio geológico de Asturias". REAL INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANO (R.I.D.E.A), Oviedo.  
 DISTRIBUCION DE MINAS E INDICIOS DE FLUOR (FLUORITA) ●

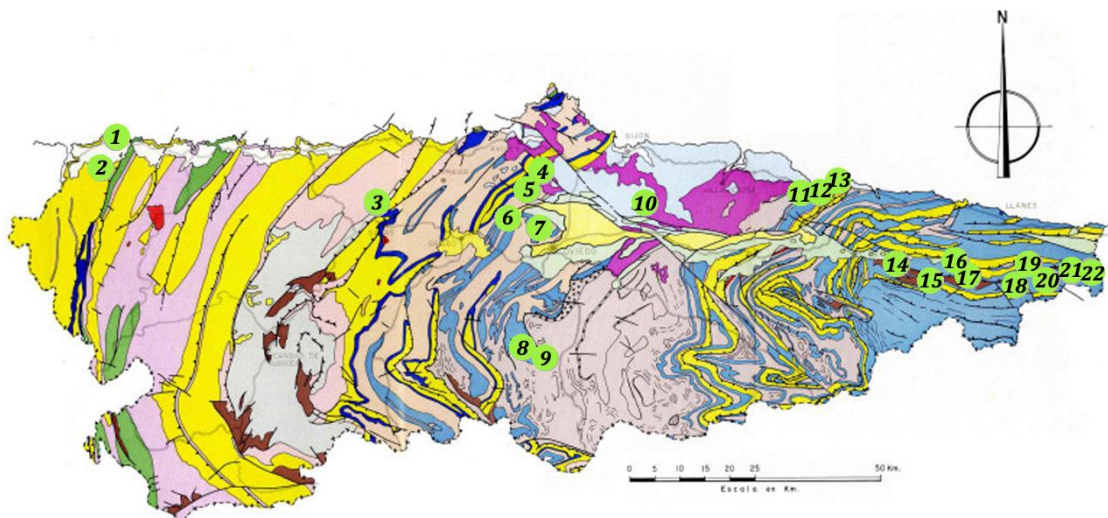
**Figura I.3. Mapa geológico de Asturias. Minas e indicios de fluorita**





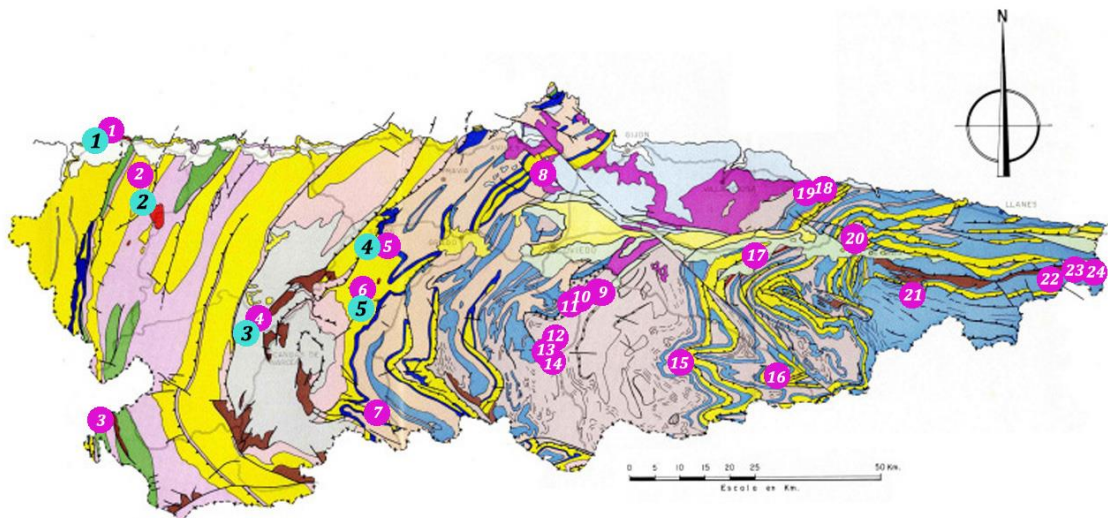
Mapa geológico de Asturias compuesto por el Departamento de Geotectónica. Universidad de Oviedo (1978)  
 Minas e Indicios minerales segun Gutiérrez Claverol, M. y Villa Otero, E. (coordinadores) 2021:  
 "El Patrimonio geológico de Asturias". REAL INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANO (R.I.D.E.A), Oviedo.  
**DISTRIBUCION DE MINAS E INDICIOS DE HIERRO**

**Figura I.4. Mapa geológico de Asturias. Minas e indicios de hierro**



Mapa geológico de Asturias compuesto por el Departamento de Geotectónica. Universidad de Oviedo (1978)  
 Minas e Indicios minerales segun Gutiérrez Claverol, M. y Villa Otero, E. (coordinadores) 2021:  
 "El Patrimonio geológico de Asturias". REAL INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANO (R.I.D.E.A), Oviedo.  
**DISTRIBUCION DE MINAS E INDICIOS DE MAGNESIO (MAGNESITA)** ●

**Figura I.5. Mapa geológico de Asturias. Minas e indicios de magnesita**

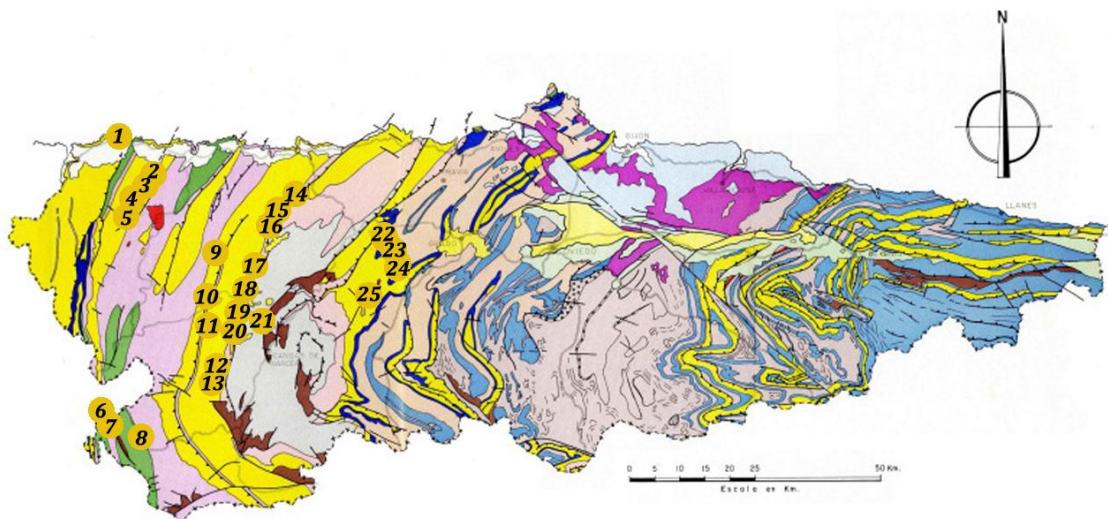


Mapa geológico de Asturias compuesto por el Departamento de Geotectónica. Universidad de Oviedo (1978)

Minas e Indicios minerales según Gutiérrez Claverol, M. y Villa Otero, E. (coordinadores) 2021:  
 "El Patrimonio geológico de Asturias". REAL INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANO (R.I.D.E.A), Oviedo.

DISTRIBUCION DE MINAS E INDICIOS DE MERCURIO Y ARSÉNICO ● MOLIBDENO ●

Figura I.6. Mapa geológico de Asturias. Minas e indicios de mercurio, arsénico y molibdeno

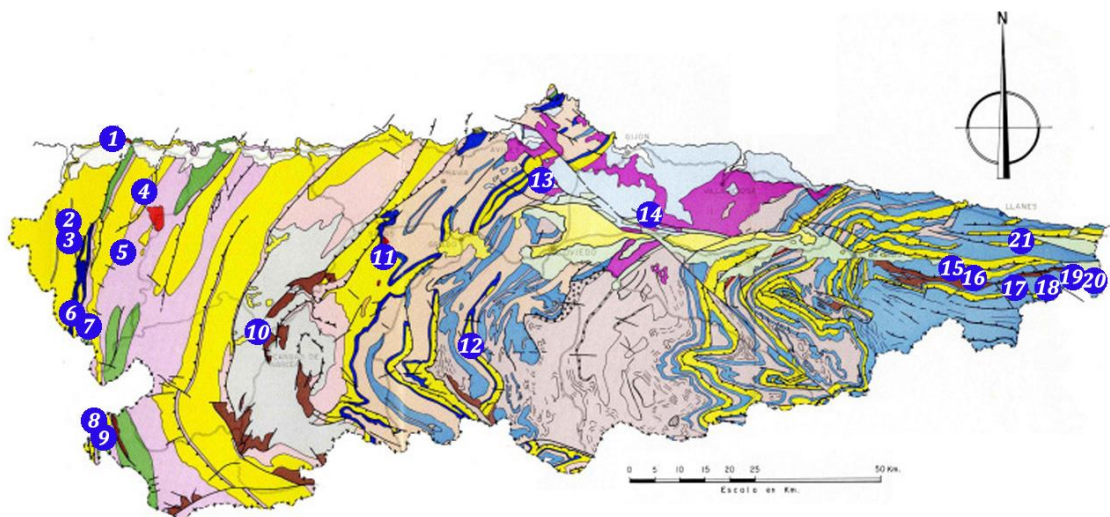


Mapa geológico de Asturias compuesto por el Departamento de Geotectónica. Universidad de Oviedo (1978)

Minas e Indicios minerales según Gutiérrez Claverol, M. y Villa Otero, E. (coordinadores) 2021:  
 "El Patrimonio geológico de Asturias". REAL INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANO (R.I.D.E.A), Oviedo.

DISTRIBUCION DE MINAS E INDICIOS DE ORO ●

Figura I.7. Mapa geológico de Asturias. Minas e indicios de oro

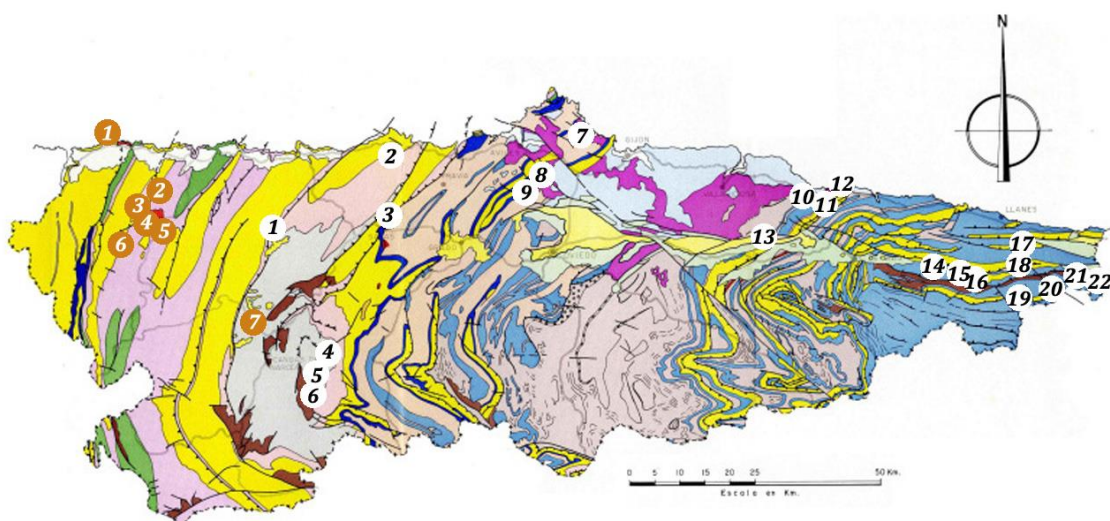


Mapa geológico de Asturias compuesto por el Departamento de Geotectónica. Universidad de Oviedo (1978)

Minas e Indicios minerales segun Gutiérrez Claverol, M. y Villa Otero, E. (coordinadores) 2021:  
 "El Patrimonio geológico de Asturias". REAL INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANO (R.I.D.E.A), Oviedo.

DISTRIBUCION DE MINAS E INDICIOS DE PLOMO - ZINC ●

Figura I.8. Mapa geológico de Asturias. Minas e indicios de plomo y zinc



Mapa geológico de Asturias compuesto por el Departamento de Geotectónica. Universidad de Oviedo (1978)

Minas e Indicios minerales segun Gutiérrez Claverol, M. y Villa Otero, E. (coordinadores) 2021:  
 "El Patrimonio geológico de Asturias". REAL INSTITUTO DE ESTUDIOS ASTURIANO (R.I.D.E.A), Oviedo.

DISTRIBUCION DE MINAS E INDICIOS DE WOLFRAMIO Y ESTAÑO ● BARIO (BARITA) ○

Figura I.9. Mapa geológico de Asturias. Minas e indicios de wolframio, estaño y barita

MINAS E INDICIOS MINERALES DE ASTURIAS I					
Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD	Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD
01	COBRE	SALAVE	01	ANTIMONIO	SALAVE
02	COBRE	COBA	02	ANTIMONIO	LINARES
03	COBRE	PENOUTA	03	ANTIMONIO	OÑON
04	COBRE	BUSDEMOUROS	04	ANTIMONIO	TANDE
05	COBRE	LINARES	05	ANTIMONIO	CARLES
06	COBRE	BOINÁS EL VALLE	06	ANTIMONIO	FOLGUERAJÚ
07	COBRE	CARLÉS	07	ANTIMONIO	BIMEDA
08	COBRE	MOSCONA	08	ANTIMONIO	VILLARMENTAL
09	COBRE	LA VIESCA	09	ANTIMONIO	RONZÓN
10	COBRE	ARAMO	10	ANTIMONIO	FELGUERAS
11	COBRE	LOROÑE			
12	COBRE	CARAVIA	01	MANGANESO	BEDURES
13	COBRE	BERBES	02	MANGANESO	VEGA DE OURIA
14	COBRE	VALLE	03	MANGANESO	ANDINA
15	COBRE	LAS FELGUEROSAS	04	MANGANESO	TEJEIRA
16	COBRE	LA MAREA	05	MANGANESO	VILLANUEVA
17	COBRE	EL CONDADO	06	MANGANESO	MUÑAS
18	COBRE	LLAMPACES	07	MANGANESO	ORÉ
19	COBRE	LLERANDI	08	MANGANESO	ARGATÓN
20	COBRE	LLAMPA	09	MANGANESO	TRESANO
21	COBRE	MIESCA	10	MANGANESO	SAMES
22	COBRE	MESTAS DE CON	11	MANGANESO	AMIEVA
23	COBRE	ORTIGUERO	12	MANGANESO	BUFERRERA
24	COBRE	CARREÑA	13	MANGANESO	DOBROS
25	COBRE	LAS LLUCIAS			
26	COBRE	NISERIAS	01	COBALTO Y NIQUEL	VILLAYÓN
27	COBRE	PIMIANGO	02	COBALTO Y NIQUEL	ARAMO

*Figura I.10. Minas e indicios de minerales en Asturias (I)*

MINAS E INDICIOS MINERALES DE ASTURIAS II					
Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD	Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD
01	HIERRO	SALAVE	01	MERCURIO ARSENICO	SALAVE
02	HIERRO	PORCIA	02	MERCURIO ARSENICO	ANDINA
03	HIERRO	LA RODA	03	MERCURIO ARSENICO	PENEDELA
04	HIERRO	LA GRANDELA	04	MERCURIO ARSENICO	LINARES
05	HIERRO	TRIO	05	MERCURIO ARSENICO	CARLÉS
06	HIERRO	MONTE ALEGRE	06	MERCURIO ARSENICO	BOINÁS-EL VALLE
07	HIERRO	BEDURES	07	MERCURIO ARSENICO	CAUNEDO
08	HIERRO	BUSDEMOUROS	08	MERCURIO ARSENICO	SOLIS
09	HIERRO	EXCOMULGADA	09	MERCURIO ARSENICO	LA VALLINA
10	HIERRO	PIORNO	10	MERCURIO ARSENICO	EL TERRONAL
11	HIERRO	CARMINA	11	MERCURIO ARSENICO	LA PEÑA
12	HIERRO	TEIJEIRA	12	MERCURIO ARSENICO	MUÑON CIMERO
13	HIERRO	RIODEPORCOS	13	MERCURIO ARSENICO	BRAÑALAMOSA
14	HIERRO	PENEDELA	14	MERCURIO ARSENICO	PIEDRACEA
15	HIERRO	MUÑAS	15	MERCURIO ARSENICO	PELUGANO
16	HIERRO	ORÉ	16	MERCURIO ARSENICO	BEZANES
17	HIERRO	LINARES	17	MERCURIO ARSENICO	CARDES
18	HIERRO	CARLÉS	18	MERCURIO ARSENICO	CARAVIA
19	HIERRO	LLUMERES	19	MERCURIO ARSENICO	LOROÑE
20	HIERRO	SOLIS	20	MERCURIO ARSENICO	OLICIO
21	HIERRO	NARANCO	21	MERCURIO ARSENICO	BUFERRERA
22	HIERRO	BAILONGO	22	MERCURIO ARSENICO	ARGAYON
23	HIERRO	CASTAÑEDO	23	MERCURIO ARSENICO	SUARIAS
24	HIERRO	LLAMARGONES	24	MERCURIO ARSENICO	MERODIO
25	HIERRO	SALIENCIA			
26	HIERRO	LA COLLADA	01	MOLIBDENO	SALAVE
27	HIERRO	LOS PANDANES	02	MOLIBDENO	BOAL
28	HIERRO	ORLÉ	03	MOLIBDENO	LINARES
29	HIERRO	LA TROYA	04	MOLIBDENO	CARLÉS
30	HIERRO	LAS LLACERÍAS	05	MOLIBDENO	BOINÁS-EL VALLE
31	HIERRO	BUFERRERA			
32	HIERRO	BOLAO			
33	HIERRO	LA EDRADA			
34	HIERRO	RECUENCU			

**Figura I.11. Minas e indicios de minerales en Asturias (II)**

MINAS E INDICIOS MINERALES DE ASTURIAS III					
Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD	Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD
01	ORO	SALAVE	01	PLOMO ZINC	SALAVE
02	ORO	ANDINA	02	PLOMO ZINC	BEDURES
03	ORO	BARGANAZ	03	PLOMO ZINC	BOSDEMOUROS
04	ORO	VEGA DE OURIA	04	PLOMO ZINC	BARGANAZ
05	ORO	BRAÑALIVEL	05	PLOMO ZINC	EL PATO
06	ORO	RIO DE PORCOS	06	PLOMO ZINC	CARMINA
07	ORO	PENEDELA	07	PLOMO ZINC	TEIJEIRA
08	ORO	SAN ANTOLIN	08	PLOMO ZINC	RIO DE PORCOS
09	ORO	BUSTANTIGO	09	PLOMO ZINC	PENEDELA
10	ORO	LA FREITA	10	PLOMO ZINC	LINARES
11	ORO	CARCABON DE ORUA	11	PLOMO ZINC	CARLÉS
12	ORO	SAN FELIX DE LAS MONTAÑAS	12	PLOMO ZINC	CARANGA
13	ORO	MONTERROSO	13	PLOMO ZINC	SOLIS
14	ORO	SAN PEDRO DE PAREDES	14	PLOMO ZINC	LA COLLADA
15	ORO	NARAVAL	15	PLOMO ZINC	ASIEGO
16	ORO	NAVELGAS	16	PLOMO ZINC	LA BORIZA
17	ORO	SANTIAGO DE CERREIRO	17	PLOMO ZINC	OCEÑO
18	ORO	LAVADOIRA	18	PLOMO ZINC	ARGAYÓN
19	ORO	BACHICÓN	19	PLOMO ZINC	SUARIAS
20	ORO	ABANIELLA	20	PLOMO ZINC	MERODIO
21	ORO	LINARES	21	PLOMO ZINC	PURON
22	ORO	ORTOSA			
23	ORO	CARLÉS	1	WOLFRAMIO ESTAÑO	SALAVE
24	ORO	COURIO	2	WOLFRAMIO ESTAÑO	COBA
25	ORO	BOINÉS - EL VALLE	3	WOLFRAMIO ESTAÑO	PENOUTA
			4	WOLFRAMIO ESTAÑO	PRELO
			5	WOLFRAMIO ESTAÑO	MEROU
			6	WOLFRAMIO ESTAÑO	EL PATO
			7	WOLFRAMIO ESTAÑO	LINARES

**Figura I.12. Minas e indicios de minerales en Asturias (III)**

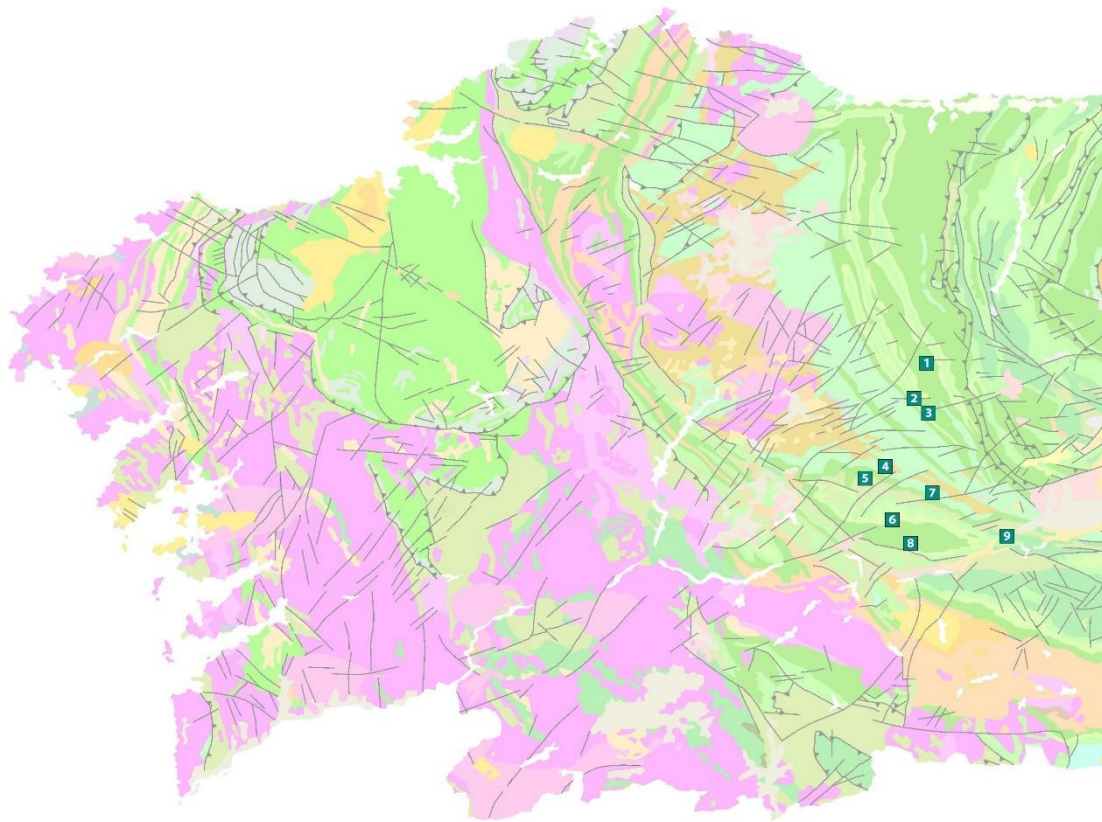
MINAS E INDICIOS MINERALES DE ASTURIAS IV					
Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD	Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD
01	BARITA	MUÑALEN	01	FLUORITA	SALAVE
02	BARITA	ARGATÓN	02	FLUORITA	BEDURES
03	BARITA	PRIERO	03	FLUORITA	BOSDEMOUROS
04	BARITA	RIDERA	04	FLUORITA	BARGANAZ
05	BARITA	PORCILES	05	FLUORITA	EL PATO
06	BARITA	CEREZALIZ	06	FLUORITA	CARMINA
07	BARITA	YAVIO	07	FLUORITA	TEIJEIRA
08	BARITA	MOSCONA	08	FLUORITA	RIO DE PORCOS
09	BARITA	ARLÓS	09	FLUORITA	PENEDELA
10	BARITA	LOROÑE	10	FLUORITA	LINARES
11	BARITA	CARAVIA	11	FLUORITA	CARLÉS
12	BARITA	BERBES	12	FLUORITA	CARANGA
13	BARITA	TORAZO	13	FLUORITA	SOLIS
14	BARITA	ORTIGUERO	14	FLUORITA	LA COLLADA
15	BARITA	ASIEGO	15	FLUORITA	ASIEGO
16	BARITA	LA BORIZA	16	FLUORITA	LA BORIZA
17	BARITA	PURÓN	17	FLUORITA	OCEÑO
18	BARITA	ALLÉS	18	FLUORITA	ARGAYÓN
19	BARITA	OCEÑO	19	FLUORITA	SUARIAS
20	BARITA	ARGAYÓN	20	FLUORITA	MERODIO
21	BARITA	SUARIAS	21	FLUORITA	PURON
22	BARITA	MERODIO			

**Figura I.13. Minas e indicios de minerales en Asturias (IV)**

MINAS E INDICIOS MINERALES DE ASTURIAS IV					
Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD	Nº	ELEMENTO	LOCALIDAD
01	MAGNESITA	SALAVE	12	MAGNESITA	CARAVIA
02	MAGNESITA	LA GRANDELA	13	MAGNESITA	BERBES
03	MAGNESITA	VALDERRODERO	14	MAGNESITA	MESTAS DE CON
04	MAGNESITA	MOSCONA	15	MAGNESITA	ORTIGUERO
05	MAGNESITA	ARLÓS	16	MAGNESITA	ASIEGO
06	MAGNESITA	ANDAYÓN	17	MAGNESITA	LA BORIZA
07	MAGNESITA	NARANCO	18	MAGNESITA	OCEÑO
08	MAGNESITA	ARAMO	19	MAGNESITA	NISERIAS
09	MAGNESITA	BRAÑALAMOSA	20	MAGNESITA	ARGAYÓN
10	MAGNESITA	LA BIESCA	21	MAGNESITA	SUARIAS
11	MAGNESITA	LOROÑE	22	MAGNESITA	MERODIO

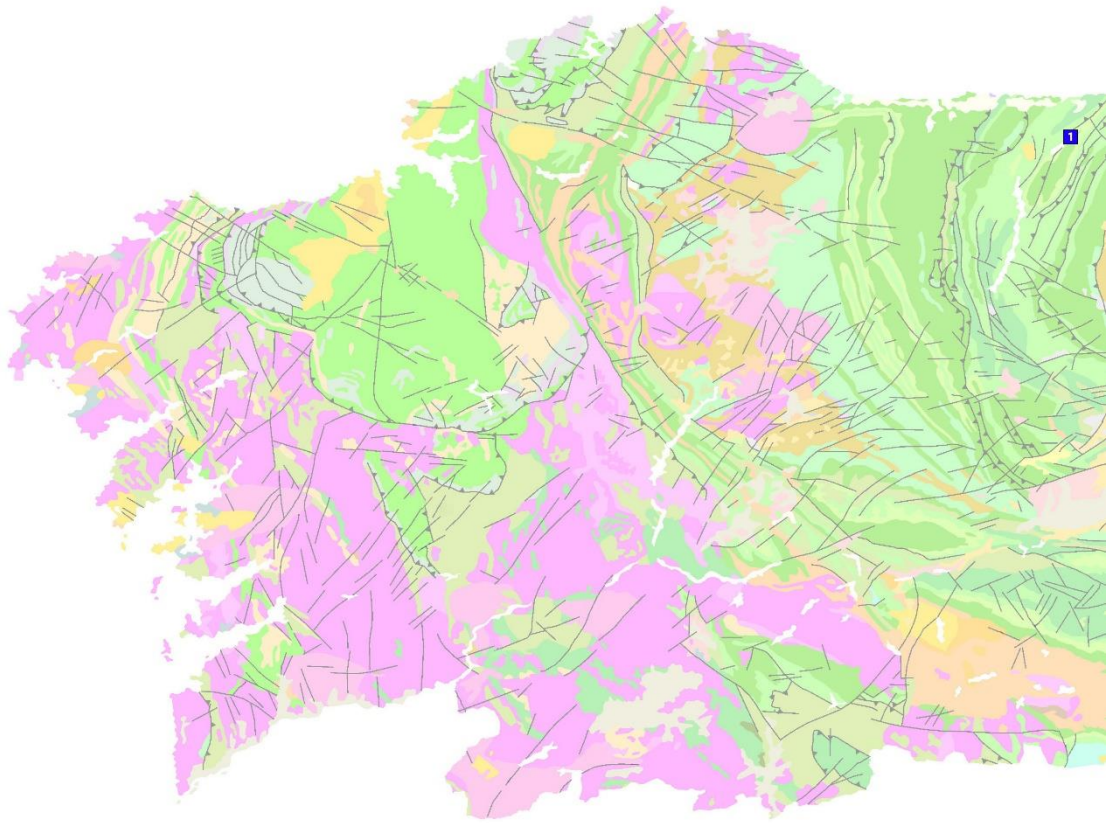
**Figura I.14. Minas e indicios de minerales en Asturias (V)**

## Anexo II: Mapas geológicos de Galicia

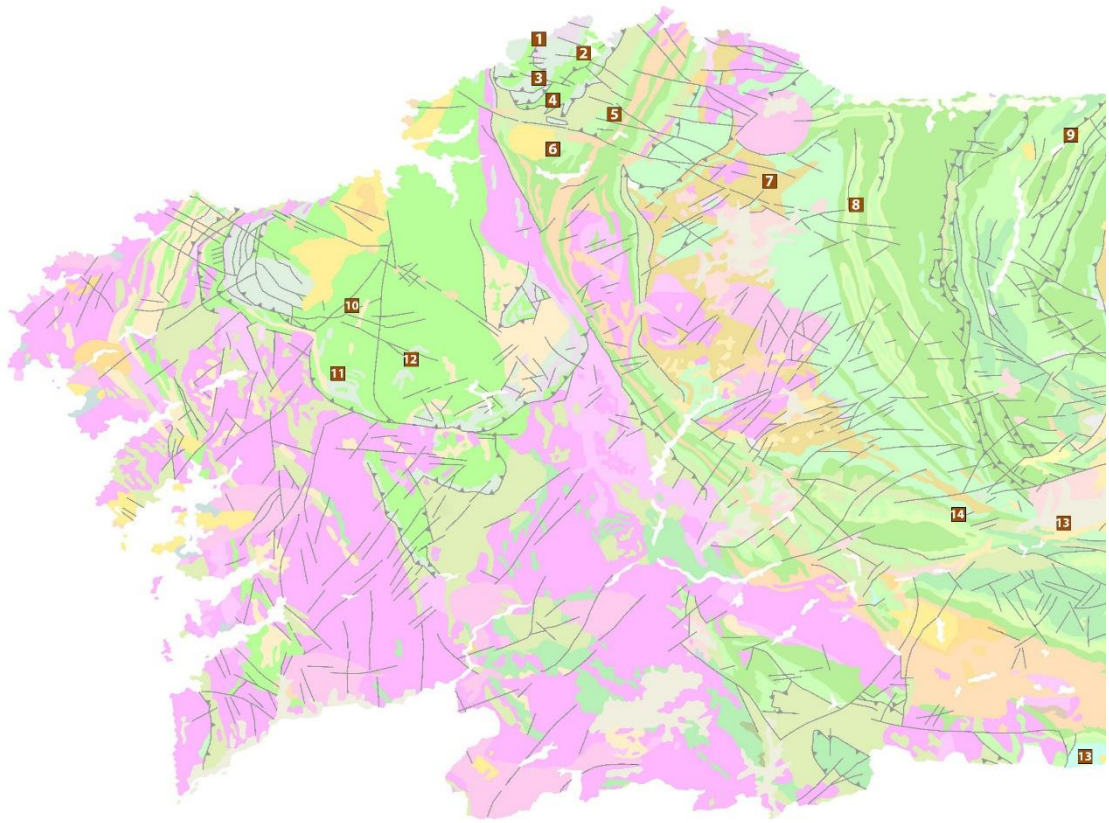


*Figura II.1. Mapa geológico de Galicia. Minas e indicios de antimónio*

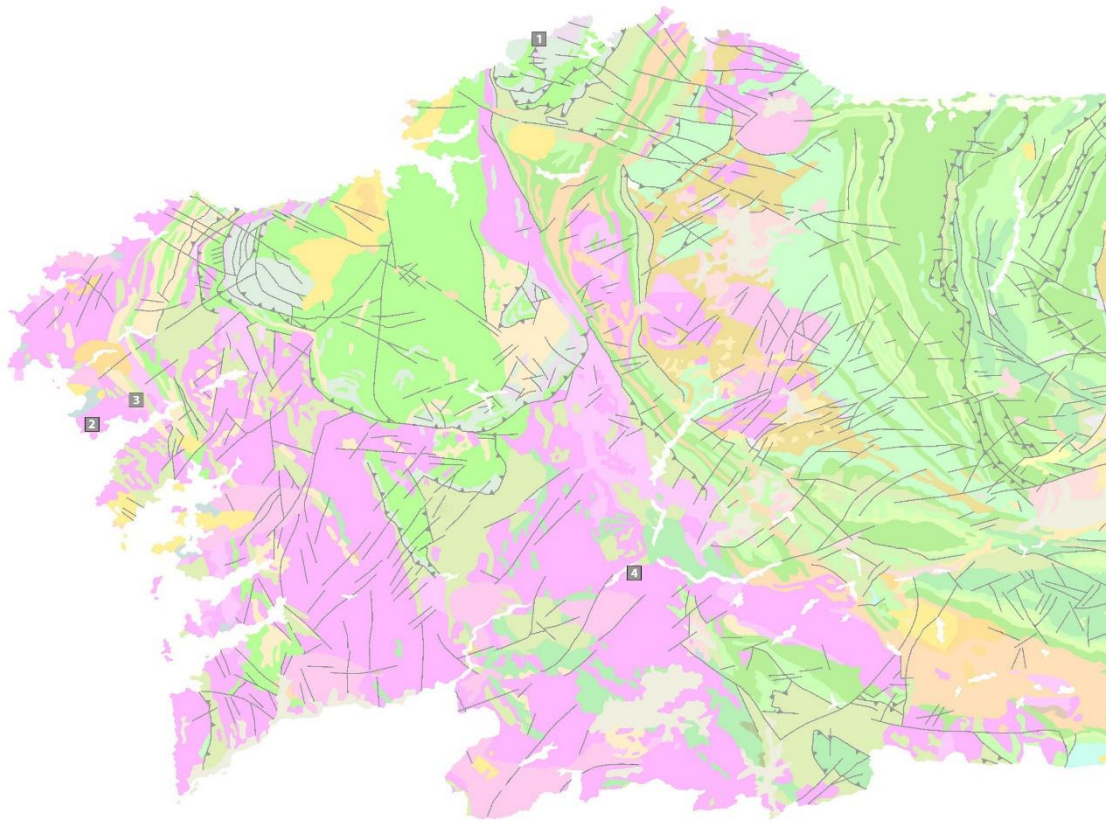




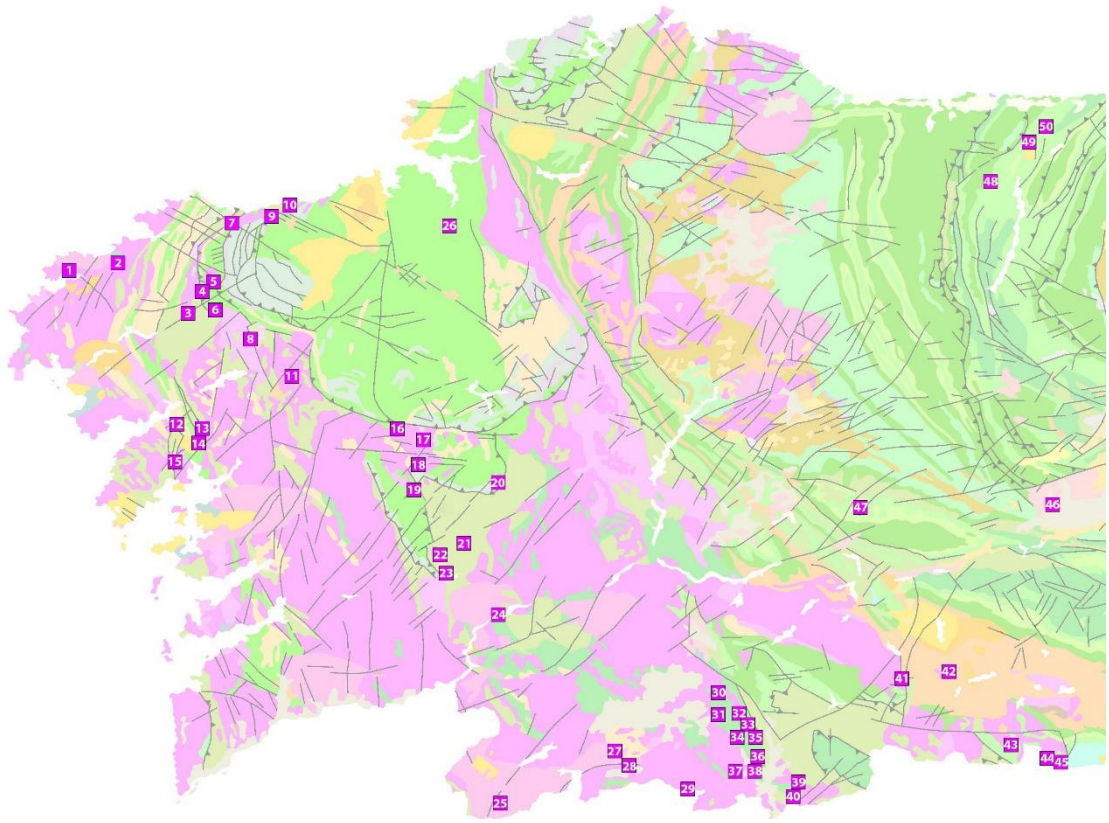
***Figura II.2. Mapa geológico de Galicia. Minas e indicios de cobalto***



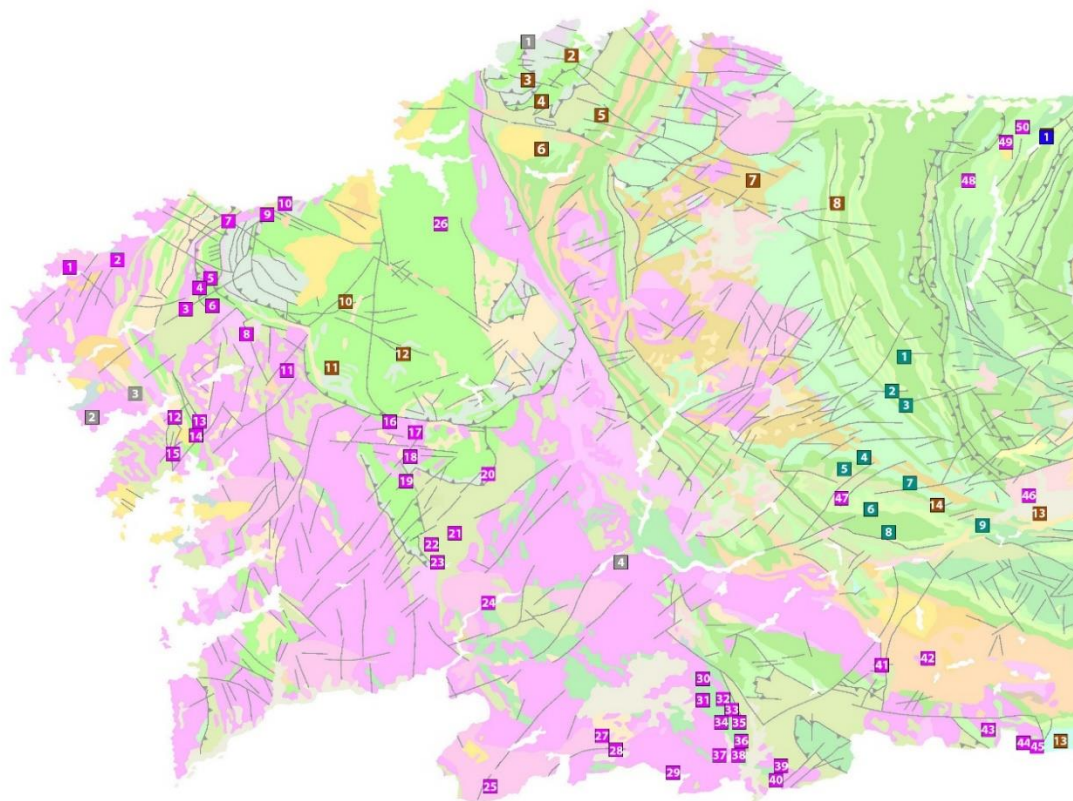
*Figura II.3. Mapa geológico de Galicia. Minas e indicios de cobre*



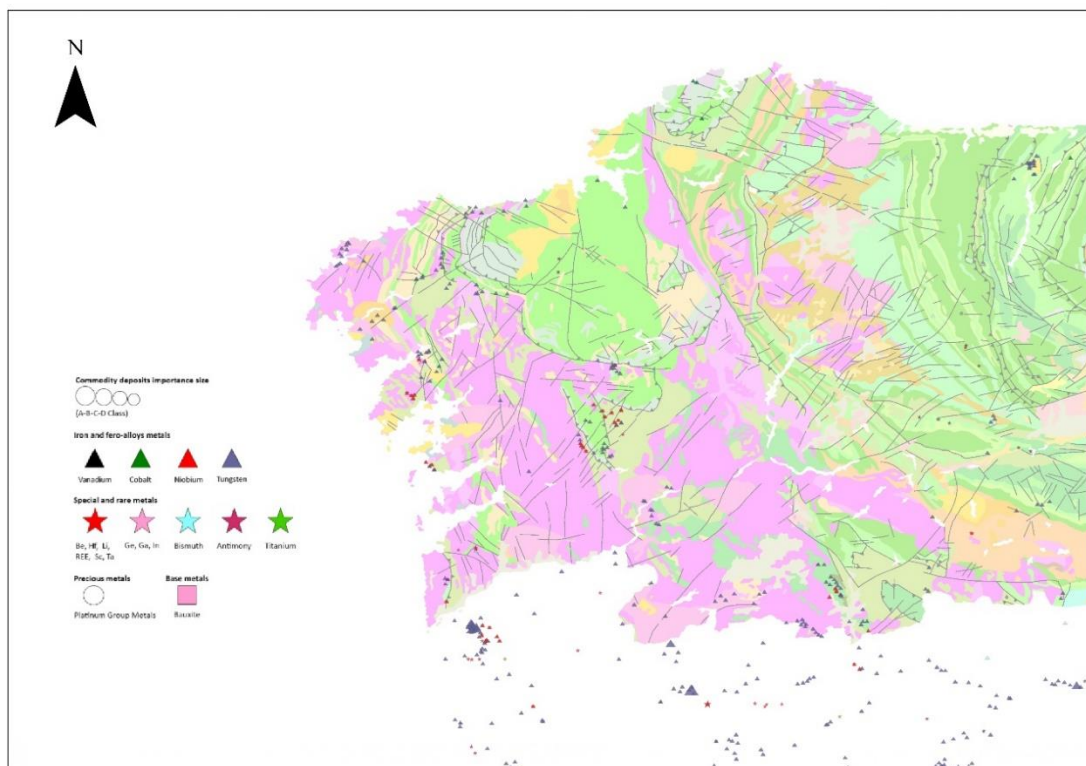
*Figura II.4. Mapa geológico de Galicia. Minas e indicios de níquel*



*Figura II.5. Mapa geológico de Galicia. Minas e indicios de wolframio*



*Figura II.6. Mapa geológico de Galicia. Minas e indicios globales*



*Figura II.7. Mapa geológico de Galicia A3 con indicios.*

