

CAMBIOS DE LOS USOS DEL SUELO EN LA MINERÍA DEL HIERRO EN EL NORTE DE ESPAÑA DESDE LA SEGUNDA MITAD DEL S. XX: LA EXPLOTACIÓN DEL COTO WAGNER (LEÓN)

IVÁN CUENDE DE LERA¹
JOSÉ MARÍA REDONDO-VEGA (id)¹
ROSA BLANCA GONZÁLEZ-GUTIÉRREZ (id)¹

¹Departamento de Geografía y Geología, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n 24071, León

Autor de correspondencia: icuent00@estudiantes.unileon.es

Resumen. El Coto Wagner fue una mina de hierro localizada en Molinaseca (León), que explotó la empresa Minero Siderúrgica de Ponferrada (MSP) entre los años 50 y 80 del siglo pasado. El laboreo se vio favorecido por la posición estratégica del yacimiento cerca del ferrocarril para exportar el mineral desde Vigo o Avilés. La empresa sólo extrajo el mineral de hierro, con destino a la siderurgia ya operativa en ese momento. Las huellas de aquella minería son aún visibles en el paisaje a lo largo de casi 8 km. Mediante fotogramas antiguos y ortoimágenes, se han caracterizado los usos del suelo (uso urbano, explotaciones mineras, zonas cultivadas, pastizal, matorral y bosques) del emplazamiento de la mina y sus superficies, para tres momentos: la situación de partida pre-operativa, la época de explotación del hierro y la actual, después de 40 años del cese de la explotación. El análisis comparado de esos tres momentos permite caracterizar el cambio que la minería desencadenó en su momento y su persistencia.

Palabras clave: minería del hierro, cambios de usos del suelo, *Coto Wagner*, León.

CHANGES IN LAND USE IN IRON MINING IN NORTHERN SPAIN SINCE THE SECOND HALF OF THE 20TH CENTURY: THE EXPLOITATION OF THE COTO WAGNER (LEÓN)

Abstract. The Coto Wagner was an iron mine located in Molinaseca (León), which was operated by the Minero Siderúrgica de Ponferrada (MSP) company between the 50s and 80s of the last century. The mining work was favored by the strategic position of the deposit near the railway that favored the export of ore from Vigo or to Avilés. The company extracted only iron mineral, destined for the already operating steel industry. The traces of that mining are still visible in the landscape for almost 8 km. Through old aerial photographs and orthoimages, the uses of the land (urban use, mining operations, cultivated areas, grassland, scrubland and forests) where the mine was located and their surfaces are analyzed at three moments: the pre-operative starting situation, the time of iron exploitation and the current one after 40 years after the cessation of operations. The comparative analysis of these three moments allows us to characterize the change that mining unleashed at the time and its persistence.

Keywords: iron mining, changes in land use, *Coto Wagner*, León.

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje y la vegetación de las montañas en el noroeste de España han ido evolucionando de manera continua en los últimos 40.000 años debido a las condiciones cambiantes del clima (Iriarte Chiapusso *et al.*, 2015). Varios factores complejos e interdependientes interfieren en los cambios de un territorio, siendo las actividades humanas las que, a menudo, tienen un cambio de ritmo más acusado y rápido que muchos de los fenómenos naturales acaecidos en ese mismo espacio (Ramankutty *et al.*, 2006; Serra *et al.*, 2008). Desde las primeras civilizaciones sedentarias, el hombre ha influido modificando el medio, pero en los últimos siglos, y especialmente en las últimas décadas, estos cambios han sido más drásticos y con

consecuencias graves para el entorno, a veces irreversibles (Crary, 2022; Lepers et al., 2005). Actualmente, la actividad humana modifica de forma neta las formas del terreno y los materiales distribuidos sobre él (Rivas et al., 2006); las diversas actividades económicas, los asentamientos urbanos y rurales, la red de infraestructuras o el propio sistema de abastecimiento de bienes pueden llegar a dejar una huella imborrable en el medio natural en el que se ubican (Hooke y Martín Duque, 2012).

De todas estas actividades, la minería es de las más perturbadoras por su alto nivel de degradación y grado de visibilidad, aunque la intensidad de los cambios introducidos depende de si la mina está en funcionamiento o abandonada, de los métodos de extracción utilizados y de las condiciones estructurales del yacimiento (Samanta, 2015). Cuando la minería se localiza en áreas montañosas se observan una gran variedad de impactos como la desaparición de la topografía original (creación de huecos y escombreras), la fragmentación de zonas boscosas, la contaminación de recursos hídricos, la pérdida de suelo y biodiversidad, así como problemas de salud y bienestar de los habitantes de esos entornos, entre otros (Gulpinar y Acar., 2021; Wickham et al., 2013).

La actividad minera ocupa extensas superficies de terreno (Crary, 2022) y se concentra específicamente en los yacimientos, donde las alteraciones en el ambiente son rápidas y perturbadoras, al utilizar equipos muy pesados y desmantelar el terreno a gran escala (Redondo Vega, 1988). Los cambios en los usos de suelo son inmediatos al inicio del laboreo minero, desapareciendo tierras agrícolas, masas forestales, suelos ricos, formaciones superficiales, sustrato rocoso y generando al mismo tiempo huecos y escombreras (Ahirwal y Maiti, 2016).

Las alteraciones en los diversos elementos del paisaje por la minería dependen del método empleado. En la minería subterránea los cambios se dan a un ritmo mucho más lento y ocupan menor superficie que el método a cielo abierto (Redondo Vega, 1994); las minas subterráneas presentan una pequeña apertura con depósitos de escombros alrededor de la bocamina, compartiendo muchas veces la extracción de mineral con la actividad agrícola-ganadera tradicional (Redondo Vega, 1994). Por el contrario, las minas a cielo abierto son más grandes (aunque diferente según el tipo de yacimiento), llegan en la actualidad a eliminar por completo relieves enteros para extraer el mineral y cambian de forma persistente e irreversible las condiciones naturales de su entorno, (Burns, 2009; Duncan et al., 2009; Jiaying, et al., 2017; Lindberg et al., 2011; Palmer et al., 2010). De este modo, la minería genera transformaciones en el paisaje geográfico y en los ecosistemas naturales afectando a los distintos usos del suelo, tal y como resaltan numerosos estudios hechos en todo el mundo indicando así que este problema es de alcance global (Ahirwal y Maiti, 2016; Lindberg et al., 2011; Redondo-Vega et al., 2017).

El objetivo principal de este estudio es analizar los cambios de usos de suelo y sus superficies vinculados a la actividad minera del Coto Wagner, tanto de la minería subterránea como la de cielo abierto, en tres momentos de la explotación de la mina: al inicio de los trabajos mineros, en la etapa de mayor actividad y, finalmente, el estado actual.

1.1. Área de estudio

La explotación minera del área de estudio se localiza en la cuenca hidrográfica del río Sil, en la parte occidental de la provincia de León dentro de la comarca de El Bierzo (noroeste de España). Se encuentra en el valle de Paradasolana perteneciente al municipio de Molinaseca (entre las localidades de Ponferrada y Astorga). Además, las instalaciones y parte del terreno destinado a la extracción de hierro se ubican en las inmediaciones de las localidades de Onamio y Paradasolana (De Alvarado et al., 1952).

Todas las actividades mineras de la concesión se ubican entre los pueblos de San Miguel de las Dueñas y Argañoso (Figura 1), presentando su extensión una dirección oeste a este cuya longitud se aproxima a los 22 Kilómetros, paralela al río Castrillo (Benoist, 1901). Los métodos de explotación utilizados fueron hasta 1978 de manera subterránea con la creación de cámaras almacén y desde el año 1978 hasta su cese, a cielo abierto para reducir costes y ser más competitivos en el mercado (Junta de Castilla y León, 1985).

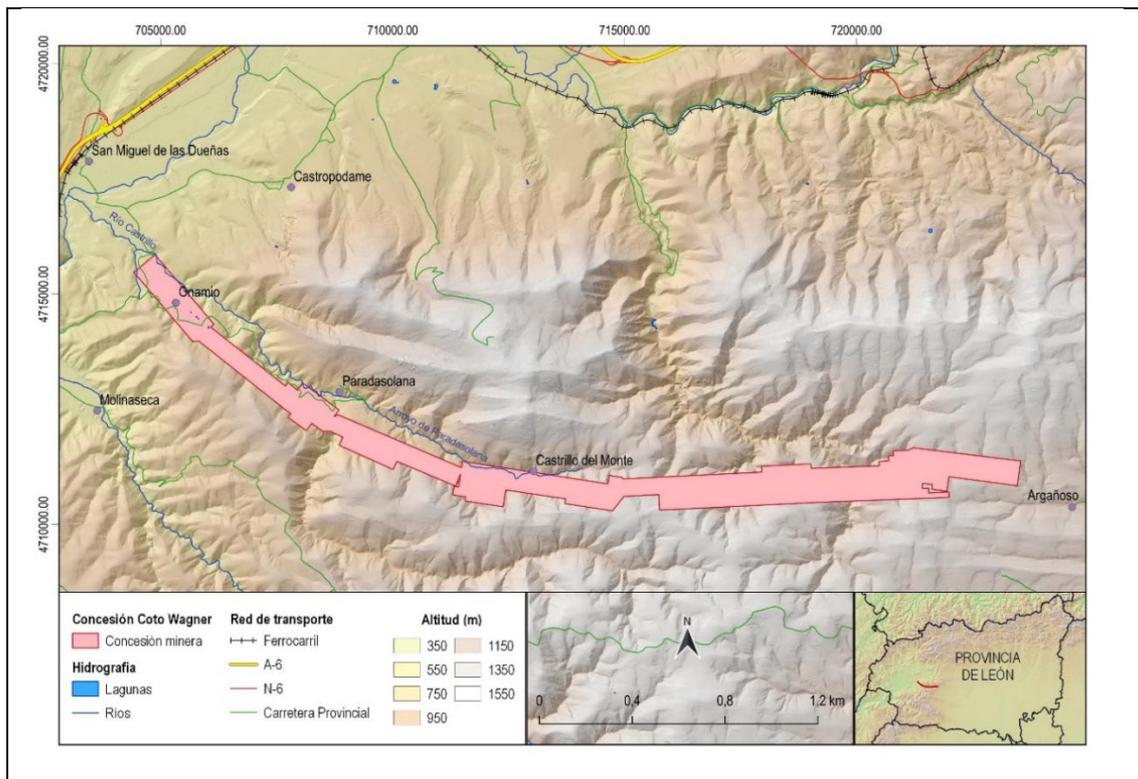
La posición estratégica del Coto Wagner gracias a su cercanía a reservas de carbón, a los puertos de Vigo y Avilés para su exportación y sus enormes expectativas respecto a cantidad y calidad del mineral a extraer (se calcularon unas 120 - 150 millones de toneladas), se plantearon grandes proyectos y objetivos. Uno de estos fue conseguir relevancia en la exportación internacional, truncada después por la oferta extranjera más barata. Otro proyecto fue la construcción de una planta siderúrgica en Ponferrada (De Lazúrtegui, 1918), que no se realizó porque se buscaron espacios cercanos a la costa. Finalmente, el Coto

Wagner utilizó únicamente el hierro extraído para alimentar las plantas siderúrgicas de Asturias (Menéndez Suárez, 2014).

El Coto Wagner perteneció a la empresa Minero Siderúrgica de Ponferrada, S.A. Su actividad principal fue la extracción de hierro entre los años 1952 - 1982. Se vivieron varias etapas, algunas de auge como la segunda mitad de la década de los años 60 y principios de los años 70 del siglo pasado gracias al incremento de la producción, ventas y consumo tanto de empresas internacionales (localizadas en Cardiff, Róterdam, Ámsterdam o Hemden) como de nacionales (ENSIDESA, Avilés). La exportación de hierro fue clave gracias a la construcción de un cargadero marítimo en Rande, Vigo (Menéndez Suárez, 2014).

Otras etapas no tan brillantes, como las marcadas por la crisis de los años 70 con un solo comprador (ENSIDESA), que rescindió su contrato en 1982, cuando las menas de mineral perdieron calidad y el precio ya no era competitivo (Menéndez Suárez, 2014), provocando así el cierre posterior de esta explotación.

Figura 1. Área de estudio de la concesión del Coto Wagner



Fuente: CNIG, 2022. Elaboración propia.

2. MÉTODOS

El trabajo de gabinete consistió en la búsqueda y análisis la documentación disponible relativa a la existencia del yacimiento de hierro tomando como punto de partida informes mineros de principios del S XX, en los que ya se establecía su importancia (Benoist, 1901), los proyectos pioneros para su aprovechamiento (De Lazúrtegui, 1918) o estudios más recientes sobre los sistemas empleados en su extracción (Menéndez Suárez, 2014).

Para delimitar el área de estudio se georreferenció la concesión minera que figuraba en documentación antigua (Benoist, 1901). Se caracterizó a mayores la totalidad de la extracción minera ya que algunas zonas de la explotación a cielo abierto, se ubicaban fuera de la concesión minera.

Para caracterizar los usos del suelo se utilizaron 3 ortoimágenes correspondientes a ortofotografías a color (Ortofoto del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de Máxima Actualidad, 2020), ortofotografías en blanco y negro correspondientes al Vuelo Americano Serie B (1956) y al Vuelo Interministerial (1973-1986). Estas imágenes nos permiten realizar un estudio detallado y comparado de los cambios de usos del suelo en la época pre-operativa (aunque los trabajos mineros ya estaban iniciados en la foto aérea de 1956, no se utilizó la foto de la Serie A del año 1945 por la baja calidad), la de auge del laboreo minero del yacimiento

y la de abandono de la explotación minera. Además, el mapa de sombras realizado mediante el Modelo Digital de Elevaciones con una resolución de 2 m descargado del Centro de Descargas del CNIG (2022), nos ha facilitado distinguir, localizar e identificar los hundimientos y los desmantelamientos en el relieve procedentes de la extracción minera.

Con la información obtenida sobre el terreno, se realizó y verificó la cartografía definitiva de los distintos hundimientos y usos del suelo, ajustándonos a la leyenda del SIOSE para su representación y la extensión de la concesión minera como área de estudio. Para ello se usó como herramienta el programa de QGIS 3.16.12. La cartografía nos ayudó a interpretar los cambios producidos por la explotación del Coto Wagner desde sus inicios hasta la actualidad.

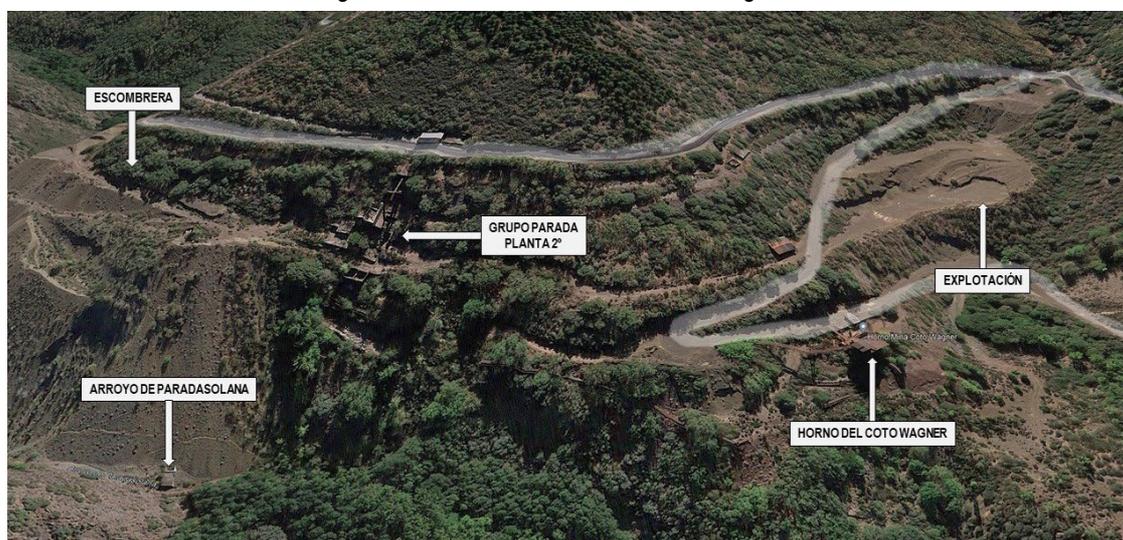
3. RESULTADOS

3.1. Minería y cambio de usos del suelo

El Coto Wagner tenía todo tipo de construcciones y edificaciones para la explotación del hierro como centros de transformación, oficinas administrativas y técnicas, botiquines, cuartos de aseo personal, almacenes, talleres, molinos, lavaderos, sala de compresores y polvorines, hornos y un castillete, entre otros. Además, poseía una gran infraestructura para el transporte de los materiales mediante dos cables de 2,20 y 4,85 km de longitud respectivamente, desde las dos plantas de concentración hasta los cargaderos situados en las inmediaciones del ferrocarril de RENFE en San Miguel de las Dueñas (Menéndez Suárez, 2014; Tornos Arroyo *et al.*, 1993). Todo ello supuso en su día una enorme transformación del paisaje al introducir una serie de patrones, formas y elementos industriales, en un territorio de vocación agroganadera.

En la actualidad, gran parte de las instalaciones como los cables aéreos, los cargaderos o el interior de los edificios han sido desmanteladas o se encuentran en un estado de abandono (Menéndez Suárez, 2014). Solo persisten un horno de calcinación (figura 2), algunos edificios pertenecientes al Grupo Cabezo del Coto Wagner y el poblado minero en las inmediaciones de la localidad de Onamio.

Figura 2. Horno de la Mina del Coto Wagner

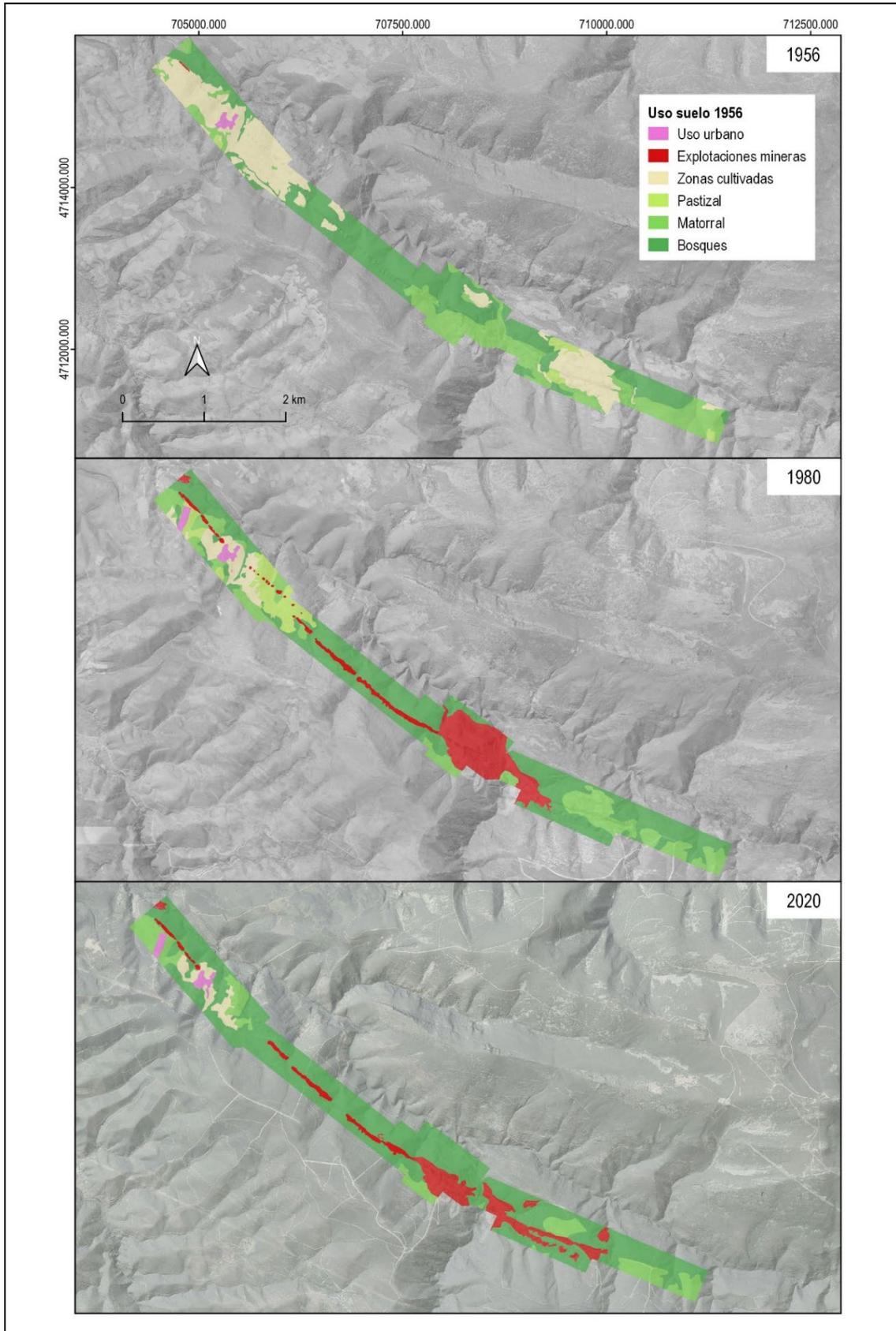


Fuente: Google, 2017.

Los cambios ocasionados por la puesta en marcha del Coto Wagner, son los siguientes (figuras 3 y 4):

1.- En el año 1956, observamos el comienzo de la actividad minera. La superficie de extracción de mineral es reducida porque la actividad comenzó en 1952. La zona comprendida por la concesión minera, pertenece a un paisaje rural, caracterizado principalmente por extensas superficies de bosques (coníferas, frondosas y mixtos) superando las 117 ha, intercalándose con zonas de matorral y pastizales. Los campos de cultivo se localizan cerca de la localidad de Onamio, con una extensión de unas 135 ha, mostrando que la actividad fundamental de mitad del siglo XX se basaba en el sector primario.

Figura 3. Usos del suelo en el área de estudio en los años 1956, 1980 y 2020



Fuente: CNIG, 2022. Elaboración propia.

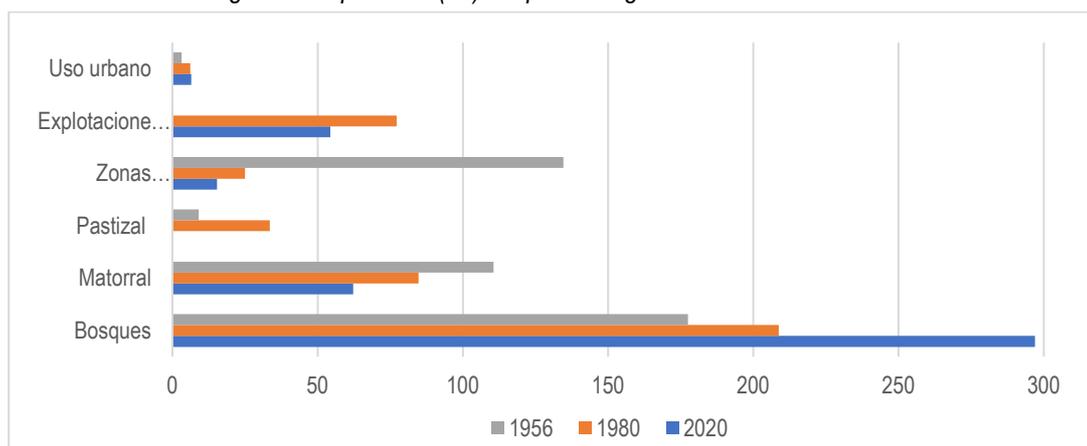
2. - Entre los años 1973 y 1986, los cambios en los usos del suelo y la transformación del territorio se generaliza. Las ortoimágenes de 1980 (últimos años de actividad del Coto Wagner), presentan una mina muy desarrollada a cielo abierto. La alteración más notable es la mina de cielo abierto (algo mayor a 50 ha) donde antes había bosques y mosaico de cultivos, y en zonas de terrazgo se incorporan zanjas, cortas, bermas geométricas y escombreras del cielo abierto.

También identificamos una delgada sección perteneciente a la extracción minera subterránea, con hoyos circulares al producirse hundimientos, algunos de 4000 m², aunque sus tamaños oscilan de unos a otros. En 1956, solo encontramos una clase de suelo residencial (la propia localidad de Onamio), en cambio, ahora aparece suelo discontinuo vinculado a la construcción del poblado minero de Onamio (al noroeste de la localidad principal) para albergar viviendas y dotar de los principales servicios a los trabajadores de la mina, ocupando una superficie próxima a 3 ha.

También se observa el retroceso de la extensión de tierras de cultivo por la colonización de vegetación arbórea y arbustiva, debido al abandono sucesivo de la actividad agrícola y de los campos de cultivo. El motivo fue el cambio de actividad principal de agricultura a minería, cambiando drásticamente así el paisaje de este valle en menos de 30 años.

3.- Desde el cese de la actividad minera hasta la actualidad, no hay grandes cambios significativos. Hay abandono de los campos agrícolas convertidos en zonas boscosas (coníferas y frondosas) y matorrales, quedando de esta manera poca superficie de cultivos (cerca de 15 ha). En cuanto al suelo donde se localizaba la extracción minera, también ha disminuido debido al abandono de la actividad y desmantelamiento de las infraestructuras mineras, hemos pasado de unas 77 ha a cerca de 55. Estas zonas han sido cubiertas por suelos con vegetación quedando a la vista zonas de escombreras.

Figura 4. Superficies (ha) ocupadas según los usos del suelo



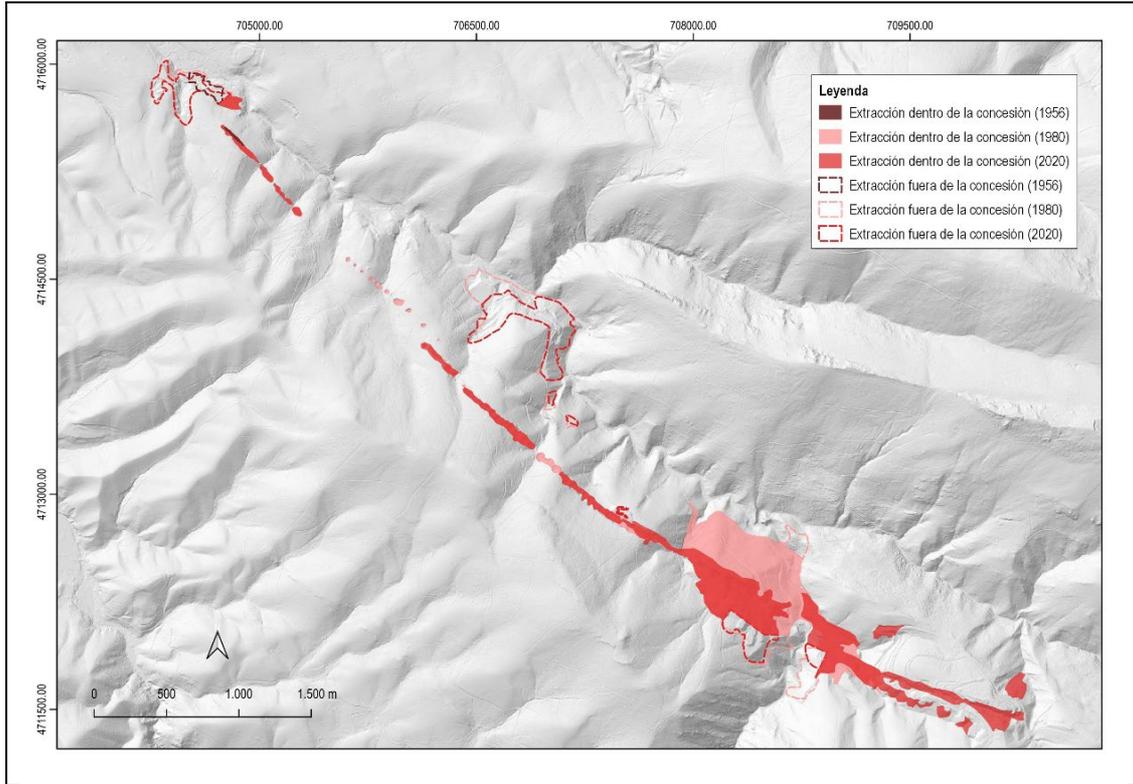
Fuente: CNIG, 2022. Elaboración propia.

3.2. Análisis de las zonas afectadas

La superficie total ocupada por la explotación minera fue de unas 122 ha aproximadamente. La extensión total hace referencia a la mina a cielo abierto con los hundimientos de la mina subterránea y escombreras. Algunas zonas se encuentran fuera de la concesión inicial. Con el paso de los años desde el cese de operaciones del Coto Wagner, la superficie ocupada para la extracción minera se ha reducido por el abandono y colonización de la vegetación, aunque aún quedan restos visibles en la actualidad (figuras 5 y 6).

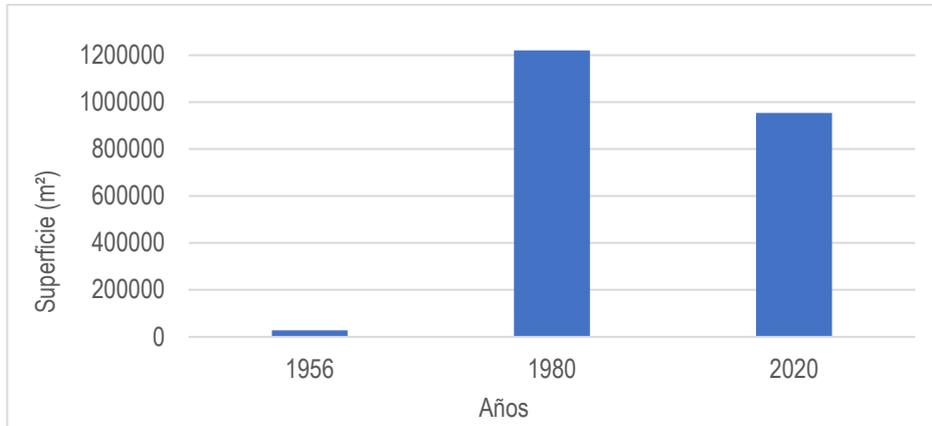
La extracción del hierro en el Coto Wagner supuso un cambio radical respecto a la superficie ocupada por el uso minero, desde los años de iniciación de la actividad a los años de mayor desarrollo observamos una diferencia de más de 100 ha en menos de 25 años (figuras 5 y 6).

Figura 5. Evolución de la superficie de la explotación Coto Wagner



Fuente: CNIG, 2022. Elaboración propia.

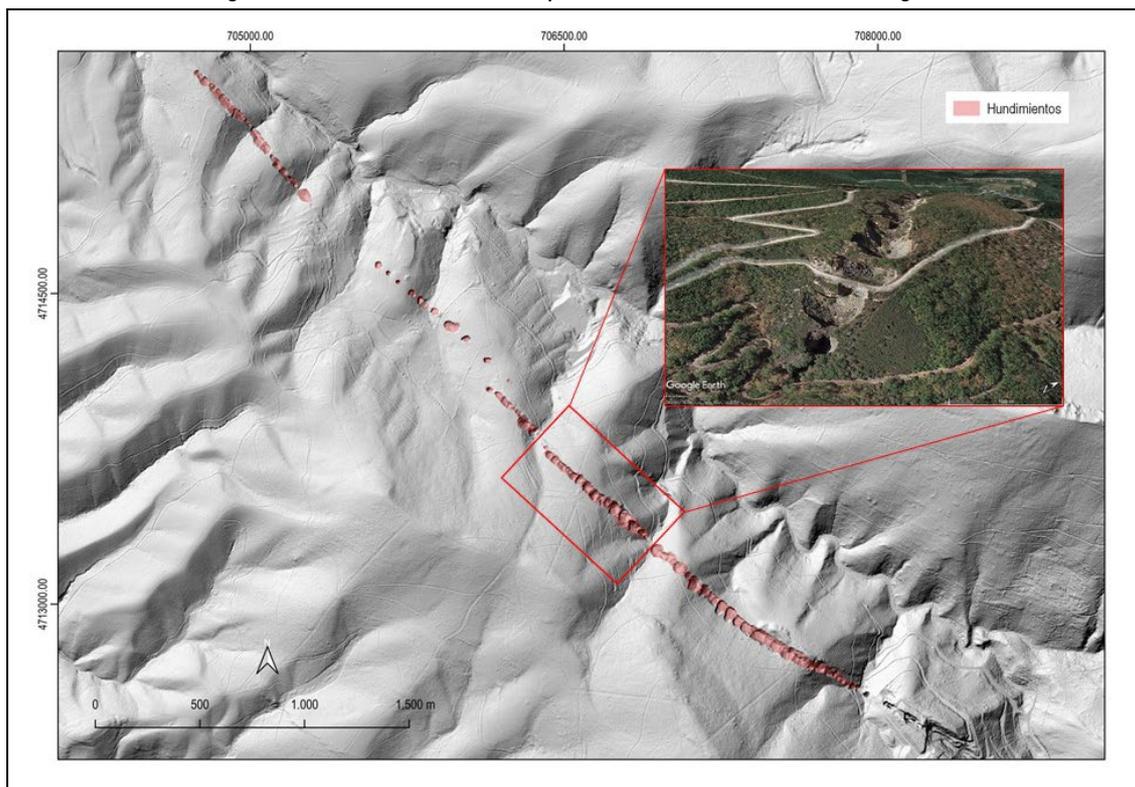
Figura 6. Superficie ocupada por la explotación minera del Coto Wagner



Fuente: CNIG, 2022. Elaboración propia.

En cuanto a la explotación minera de interior se observa la existencia de 65 hundimientos generados por los colapsos de las galerías de interior. Algunos de estos son coalescentes, dificultando la dimensión de cada uno de ellos (figura 7). Algunos de estos superan los 70 m de diámetro, aunque la gran mayoría no superan los 50 m. La magnitud de estos la podemos apreciar en la foto adjuntada con el mapa (figura 7), que hace referencia al sector central de la explotación de interior. Se ubican en el margen izquierdo del Arroyo de Paradasolana a una altitud mínima de 860 metros y una altitud máxima de 950 metros cuya dirección es noroeste-sureste entre las localidades de Onamio y Paradasolana.

Figura 7. Hundimientos de la explotación de interior del Coto Wagner



Fuente: CNIG, 2022 y Google, 2017. Elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

El Coto Wagner es un ejemplo representativo para explicar los cambios de usos del suelo. Identificamos una notable pérdida de superficie cultivada, de matorral y pastizal, y un aumento de las zonas boscosas y suelo urbano, este último debido a la construcción del poblado minero de Onamio. Respecto a la superficie dedicada a la explotación minera observamos dos etapas, una primera (1956-1980) de desarrollo de la explotación minera (tanto de interior como de cielo abierto) superando las 122 ha y otra de retroceso (1980-2020) debido al abandono de la actividad y colonización de la vegetación, superando las 95 ha.

En la actualidad, las características de las operaciones mineras hacen que la restauración del medio en las minas a cielo abierto sea muy difícil al dismantelar parte de la montaña y aplanar su topografía (Lindberg *et al.*, 2011); además, los usos del suelo anteriores al comienzo de la explotación son prácticamente irreversibles debido a factores económicos, técnicos, naturales y sociales. Por ello, el principal problema es la recuperación de la función y uso previo del suelo de una zona minera (Redondo Vega, 1988); en nuestro caso, solo algunas de las zonas de la explotación (terrenos pedregosos y de monte bajo) serían susceptibles de ser repoblados, restableciéndose así antiguas masas boscosas y disminuyendo de esta manera el impacto de la minería en ciertas franjas de terreno.

Al igual que en el Coto Wagner, la recuperación o restauración de las minas a cielo abierto es muy difícil, como se ha demostrado en la cuenca carbonífera de Teruel, donde los resultados de la recuperación son demasiado limitados debido a errores en la ejecución, cambios legislativos o los acusados impactos; confirmando así la necesidad de una investigación que desarrolle un protocolo específico (Moreno de las Heras *et al.*, 2008). No obstante, en recientes estudios y metodologías, podemos obtener cierta restauración geomórfica; siendo un ejemplo representativo la cantera de Somolinos en Guadalajara (Martín Duque *et al.*, 2021).

La minería transforma el paisaje, los usos del suelo y perturba el medio donde se localiza, sin importar el material extraído ni el país. Los cambios que provoca esta actividad son tan intensos, extensos e irreversibles que no se pueden recuperar plenamente los usos anteriores, además de una destrucción sistemática de la vegetación natural y del territorio (Palmer *et al.*, 2010; Crary, 2022; Redondo Vega, 1994).

5. CONCLUSIONES

El Coto Wagner cuenta con una parte de mina subterránea identificada por los hundimientos en la superficie de las cámaras almacén y otra parte con diferentes extracciones a cielo abierto el relieve se desmanteló. El impacto de la mina a cielo abierto es mayor que en la mina subterránea, debido a la destrucción del terreno y los cambios en el uso del suelo.

El cambio en el método de extracción de material en el final de la actividad del Coto Wagner se produjo porque el cielo abierto era más rentable que la explotación de interior, generando más superficie afectada en los últimos 4 años de actividad que en los 26 años anteriores.

Las alteraciones en los usos del suelo son radicales, al desaparecer parte de campo agrícola por culpa de la actividad minera y también por el abandono del campo (despoblación de las zonas rurales y cambio de actividad económica principal). También se han fragmentado y eliminado zonas boscosas y con diversa vegetación, alterando así la biodiversidad del medio. Con el cese y abandono de la actividad minera la vegetación ha ido colonizando algunas zonas donde se ubicaba el suelo destinado a la extracción de material y acumulaciones de estériles. Del mismo modo, se construyeron instalaciones por consecuencia de la iniciación de la actividad minera como viviendas, hornos, talleres o infraestructuras de carga y transporte que asimismo modifican el paisaje.

REFERENCIAS

- Ahirwal, J., y Maiti, S. K. (2016). Assessment of soil properties of different land uses generated due to surface coal mining activities in tropical Sal (*Shorea robusta*) forest, India. *Catena*, 140, 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.028>
- Benoist, P. (1901). *Informe del ingeniero de minas sobre un negocio minero y metalúrgico en la provincia de León*. Bilbao: Imprenta Luis Dochao
- Burns, S.S.(2009). Mountaintop Removal in Central Appalachia. *Southern Spaces*. Recuperado de: <https://southernspaces.org/2009/mountaintop-removal-central-appalachia/>
- Crary, J. (2022). *Tierra quemada. Hacia un mundo poscapitalista*. Barcelona, Ariel.
- Centro Nacional de Información Geográfica (2022). Instituto Geográfico Nacional. Recuperado de: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- De Lazúrtegui, J. (1918). *Una nueva Vizcaya a crear en El Bierzo. Altos hornos y acería en Ponferrada, hierros y aceros*. Ponferrada, reedic. Instituto de Estudios Bercianos.
- Duncan E.E., Kuma J.S., Primpong, S. (2009). Open pit mining and land use changes: an example from Bogoso-Prestea area, SouthWest Ghana. *Electron J Inf Syst Dev Ctries* 36(3),1–10. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-10037-6>
- Google (2017). Google Earth. Recuperado de: https://earth.google.com/web/@42.54387172,-6.47712645,1022.03387232a,42.25337204d,35y,-63.20179784h,73.12236357t,359.9939r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es
- Gulpinar Sekban, D.U., y Acar, C. (2021). Determining usages in post-mining sites according to landscape design approaches. *Land Degradation and Development*, 32(8), 2661-2676. <https://doi.org/10.1002/ldr.3933>
- Hooke, R. L. y Martín Duque, J. F. (2012). Land transformation by humans: A review. *GSA Today*, 12(12), 4-10. <https://doi.org/10.1130/qsat151a.1>
- Iriarte Chiapusso, M.J., Muñoz Sobrino, C., Gómez Orellana, L., Hernández Beloqui, B., García Moreiras, I., Fernández Rodríguez, C., Heiri, O., Lotter, A.F., y Ramil Rego, P. (2015). Reviewing the Lateglacial–Holocene Transition in NW Iberia: A Palaeoecological Approach Based on the Comparison Between Dissimilar Regions. *Quaternary International*, 403, 211-236. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.029>.
- Junta de Castilla y León (1985). *Inventario de Indicios Mineros*. León: Junta de Castilla y León.
- Jiaying, X., Gang, L., Jiaqi, Y., Hua, Z., Pengcheng, Y., Wenmin, H. (2017). Effects of coal exploitation on land use and landscape pattern change in coal mining area. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 33(23): 252–258.
- Lepers, E., Lambin, E. F., Janetos, A. C., DeFries, R., Achard, F., Ramankutty, N., Scholes, R. J. (2005). A Synthesis of Information on Rapid Land-cover Change for the Period 1981–2000. *BioScience*, 55(2), 115. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055)

- Lindberg, T. T., Bernhardt, E. S., Bier, R., Helton, A. M., Merola, R. B., Vengosh, A., Di Giulio, R. T. (2011). Cumulative impacts of mountaintop mining on an Appalachian watershed. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(52), 20929-20934. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112381108>
- Martín Duque, J. F., Zapico, I., Bugosh, N., Tejedor, M., Delgado, F., Martín-Moreno, C., Nicolau, J. M. (2021). A Somolinos quarry land stewardship history: From ancient and recent land degradation to sensitive geomorphic-ecological restoration and its monitoring. *Ecological Engineering*, 170, 106359. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106359>
- Menéndez Suárez, C. (2014). Breve aportación a la historia minera del Coto Wagner de la Minero-Siderúrgica de Ponferrada, s.a. *De Re Metallica: Revista de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero*, 23, 39-53.
- Moreno de las Heras, M., Nicolau, J. M., Espigares, T. (2008). Vegetation succession in reclaimed coal-mining slopes in a Mediterranean-dry environment. *Ecological Engineering*, 34(2), 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.07.017>
- Palmer, M. A., Bernhardt, E. S., Schlesinger, W. H., Eshleman, K. N., Foufoula-Georgiou, E., Hendryx, M. S., Lemly, A. D., Likens, G. E., Loucks, O. L., Power, M. E., White, P. S., Wilcock, P. R. (2010). Mountaintop Mining Consequences. *Science*, 327(5962), 148-149. <https://doi.org/10.1126/science.1180543>
- Ramankutty, N., Graumlich, L., Achard, F., Alves, D., Chhabra, A., DeFries, R. S., Foley, J. A., Geist, H., Houghton, R. A., Goldewijk, K. K., Lambin, E. F., Millington, A., Rasmussen, K., Reid, R. S., Turner, B.L. (2006). Global Land-Cover Change: Recent Progress, Remaining Challenges. *Land-Use and Land-Cover Change*, 9-39. https://doi.org/10.1007/3-540-32202-7_2
- Redondo Vega, J. M. (1994). Ejemplos de la convergencia espacial entre el abandono de los aprovechamientos agrarios y la explotación minera en la montaña de León. En, Cabero, V., Llorente Pinto, J.M., Plaza Gutiérrez, J.I. y Pol Méndez, C. (Eds.), *El medio rural español: cultura, paisaje y naturaleza*, 2, 793-806.
- Redondo Vega, J. M. (1988). *Las minas de carbón a cielo abierto en la provincia de León: transformación del medio y explotación de recursos no renovables*. León: Universidad de León, Servicio de Publicaciones
- Redondo Vega, J. M., Gómez Villar, A., Santos González, J., González Gutiérrez, R., Álvarez Martínez, J. (2017). Changes in land use due to mining in the north-western mountains of Spain during the previous 50 years. *Catena*, 149, 844-856. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.017>
- Rivas, V., Cendrero, A., Hurtado, M., Cabral, M., Giménez, J., Forte, L., del Río, L., Cantú, M. y Becker, A. (2006). Geomorphic consequences of urban development and mining activities; an analysis of study areas in Spain and Argentina. *Geomorphology*, 73(3-4), 185-206. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.08.006>
- Samanta, P. (2015). Impact Assessment and Changes Analysis of Land Use/ Land Cover Due to Open Cast Coal Mining Activity: A Case Study of Raniganj Coal Field Area. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)*, 4(5), 17-27.
- Serra, P., Pons, X., Saurí, D. (2008). Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. *Applied Geography*, 28(3), 189-209. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.02.001>
- Tornos Arroyo, F., Locutura Ruperez, J., Ortiz Figueroa, G., Ximénes, P., Cayola, F., Ribera, F., Sánchez A. (1993). Mapa Metalogenético y Memoria de la Hoja nº 18 (Ponferrada). Mapa Metalogenético de España E. 1:200.000 ITGE, 46 pp. (*) Depósito legal: M-35,376-1993. NIPO: 241-93-008-8.
- Wickham, J., Wood, P. B., Nicholson, M. C., Jenkins, W., Druckenbrod, D., Suter, G. W., Strager, M. P., Mazzarella, C., Galloway, W., Amos, J. (2013). The Overlooked Terrestrial Impacts of Mountaintop Mining. *BioScience*, 63(5), 335-348. <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.5.7>