

IMPACTO AMBIENTAL DE LAS MINAS DE RIOTINTO DURANTE SU ALQUILER AL MARQUÉS DE REMISA (1829-1849)

ENVIRONMENTAL IMPACT ON THE MINES OF RIOTINTO DURING THE PERIOD OF TIME THAT WERE RENT TO THE MARQUIS OF REMISA (1829-1849)

Ortiz, M.

Universidad de Huelva
Escuela Politécnica Superior
Ctra. de Palos de la Frontera s/n
21071 La Rábida-Palos de la Frontera (Huelva)
e-mail: miguel.ortiz.mateo@juntadeandalucia.es

ABSTRACT

The rent of the mines to the marquis of REMISA (1829-1849) had been characterized for the huge deforestation of the forest due to the wood used as combustible for the metallurgical furnaces, provoking a big environmental impact.

In the present publication has been described the contamination effects for this period of time.

RESUMEN

El alquiler de las minas al marqués de REMISA (1829-1849), se caracterizó por la brutal deforestación del bosque como consecuencia de la utilización de su madera como combustible de los hornos metalúrgicos, lo que produjo un fuerte impacto ambiental.

En la presente publicación se describen los efectos contaminantes de ese periodo.

PALABRAS CLAVE

Medio ambiente, Riotinto, REMISA.

KEY WORDS

Environment, Riotinto, REMISA.

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad a la venta de las minas a los ingleses, el impacto medioambiental ha ido cambiando continuamente, pues anteriormente a la llegada de los romanos, existió una minería a pequeña escala, por lo que su efecto sobre el paisaje, la vegetación, la atmósfera,

aguas subterráneas y superficiales debió de ser insignificante, viviendo parte de la población, de las minas y otra parte de la agricultura, ganadería y explotación del bosque.

Con la llegada de los romanos, la minería alcanzó un auge jamás anteriormente conocido, convirtiéndose en mono cultivo, abandonada ésta en el año 425, tras haber generado nueve millones de toneladas de escoria. Transcurren 13 siglos de inactividad minera, durante cuyo periodo de tiempo se regeneró el bosque de forma natural y también ayudado por los habitantes de la zona, aunque sin alcanzar los niveles anteriores a la etapa romana debido a la pérdida de suelo, ocupación de espacio por las escombreras y escoriales, contaminación de los suelos, y acuíferos sub-superficiales y subterráneos por las aguas que percolaban por las escombreras y escoriales o salían de los socavones mineros.

Se había vuelto a la economía agraria de la zona. En 1535, se aprobaron las Ordenanzas de Zalamea la Real, que fueron un modelo de normativa ecológica para el uso sostenible de unos recursos escasos, considerándose el germen de los continuos conflictos entre los habitantes del término de Zalamea la Real y los diferentes explotadores mineros, con motivo de la abusiva tala de madera y la lluvia ácida producida por las emisiones de anhídrido sulfúrico y sulfuroso a la atmósfera, presentándose una primera denuncia por este último motivo en 1847 por un agricultor (ALDANA, 1875, 348), conflictos que culminaron, el sábado 4 de Febrero de 1888, ya en tiempos de la compañía inglesa, cuando una manifestación pacífica de mineros y agricultores (unos protestaban por no cobrar los días de manta y los otros por los daños que ésta causaba a la agricultura) confluyó en la plaza del Ayuntamiento de Riotinto, dando el Gobernador Civil orden al ejército de disparar contra ellos, lo que produjo según creencia popular más de 200 muertos, entre niños, mujeres y hombres.

Desde 1747 a 1845 se empleó en Riotinto la metalurgia por vía seca, que consistía en tres calcinaciones del mineral al aire libre a alta temperatura ($> 710\text{ }^{\circ}\text{C}$), utilizándose leña como combustible, colocado éste en montones de forma cónica que se llamaban hornos cónicos, a partir de 1839 estas calcinaciones se realizaban en montones de forma tronco-piramidal alargada que por la forma que adquirían una vez calcinados, parecida a un pan de la zona, pasaron a denominarse teleras, éstas tenían la ventaja de necesitar menos leña en la calcinación; el objetivo de estas calcinaciones, era obtener óxidos de cobre que posteriormente se reducían con carbón en el horno de fundición, obteniéndose el denominado cobre negro, que seguidamente pasaba a los hornos de afino. Este procedimiento tenía los inconvenientes del bajo rendimiento en cobre y la gran cantidad de impurezas que pasaban al cobre negro, las cuales sólo se eliminaban parcialmente en el afino.

En 1845 ante la falta de combustible por agotamiento del bosque se implantó la cementación artificial que consumía como combustible monte bajo, cuyo proceso consistía en tres calcinaciones a baja temperatura ($< 710\text{ }^{\circ}\text{C}$) con el fin de obtener sulfatos de cobre que eran disueltos en agua que pasaba posteriormente a los pilones del hierro, donde por intercambio iónico, se permutaba cobre por hierro, obteniéndose en forma de cáscara sobre el hierro.

Simultáneamente con estos métodos metalúrgicos coexistía de forma continuada desde 1788 la cementación natural de las aguas de los socavones mineros y desde 1837 las de la Cueva del Lago.

LA EXPLOTACIÓN DE LAS MINAS POR REMISA (1829-1849)

Tomada la decisión por el Estado de volver a alquilar las minas, la condición 10ª establecía que el asentista tomaría a su cargo los montes consignados a las minas, pero

obligado a la conservación de los altos como de los bajos, no pudiendo disponer corta ni roza alguna, sin obtener antes la competente licencia del Director (por parte de la Hacienda) a quien solicitará las maderas que necesitase, tanto para la adecuación interior de las minas como para cualquiera otras obras en la superficie y los tramos de monte bajo que para cualesquiera uso convenga rozar, concediendo dicho Director la licencia en la parte que permita el estado de los montes, mirando siempre a su conservación; estableciendo la condición 11ª que el asentista estaría obligado a entresacar anualmente los pies inútiles, podando y limpiando con arreglo a la Ordenanza de montes, los más sanos, robustos y propios para las minas y demás usos del establecimiento, debiendo tener siempre planteles y olivados que aseguren anualmente el aumento triple del número de pies que se corten, debiendo practicarse todo con conocimiento del Director, que debería visitar y reconocer los montes con frecuencia para cumplir lo estipulado y exigir al asentista cualquier perjuicio que efectuase como consecuencia del incumplimiento de estas condiciones.

Realizado el correspondiente inventario para la entrega de las minas al asentista, el arbolado existente y su valor se refleja en el cuadro I.

CUADRO I

Arboleda	Nº de pies	Valor en reales
Pinos	444.000	1.500.000
Encinas	1.700	18.700
Chopos	300	2.400
Total	-	1.521.100

Arboleda entregada a REMISA y su valor

Fuente: ALDANA, 1875, 334

Si comparamos el valor de la arboleda del inventario de 1783 (763.506 reales) con el de 1829, resultaba que el valor de la arboleda se había incrementado en un 99,22%, lo que evidenciaba una buena gestión en materia de montes por el establecimiento.

En Abril de 1831 la Dirección General de Minas solicitó al Director por parte del Estado de las minas que efectuase un reconocimiento de los montes y diese cuenta de su estado, contestando en Agosto diciendo, que no se conservaban los montes por la empresa arrendataria como debía hacerlo, que cortaba los árboles sin orden ni método, no repoblando en su reemplazo, ni efectuaba las limpiezas necesarias, teniendo al arbolado en el mayor abandono (ALDANA, 1875, 337).

EZQUERRA DEL BAYO visitó las minas en 1837, comprobando que si no se comenzaba inmediatamente la repoblación del pinar éste se acabaría antes de que creciera el que lo reemplazase, por lo que junto con LÓPEZ PREVE, director por parte de la empresa, realizaron varias propuestas (FLORES CABALLERO, 1983, 59):

1º. Debía anularse el contrato de pastos comunes que tenía la población de las minas con la Villa de Zalamea la Real y sus aldeas, puesto que era perjudicial para la arboleda.

2º. Necesidad de fijar edictos en la población de las minas y en las aldeas de alrededor, recordando la legislación vigente sobre el arbolado y penas en que incurrirían quienes las contraviniesen.

3º. El inspector del distrito, como juez ordinario que era, debía ser riguroso e inflexible al aplicar la ley en las denuncias presentadas.

4°. La corta prevista para Enero de 1838 debería dejar el pinar completamente entresacado. Las cortas anuales previstas para el futuro debían hacerse a tala y por porciones, porque los retoños nuevos no podían madurar a la sombra de los viejos pinos.

5°. Debía imponerse a los vecinos la obligación de sembrar piñones en las suertes que la empresa repartía anualmente.

6°. Necesidad de adquirir semillas de pino más adecuadas al terreno que las utilizadas en aquella época.

7°. Intentar en lo posible utilizar el monte bajo como combustible, con lo que se limpiaría el pinar y se evitaría el riesgo de incendio.

La visita de EZQUERRA DEL BAYO puso en conocimiento de la Real Hacienda, de forma fehaciente, la abusiva corta de arboleda del término de las minas por REMISA, lo que obligó a la Dirección General de Minas, a un mayor control sobre la arboleda, limitando su uso como combustible, y por tanto reduciendo las talas anuales de pinos en el término.

Debido a este control, la empresa trata de encontrar soluciones a la escasez de combustible, como consecuencia de ello en 1839 se establece la calcinación en teleras, cuya puesta a punto se debe al ingeniero GOYANES, que sustituyen a los hornos cónicos. Un horno cónico consumía 41 kilogramos de madera por tonelada de mineral a calcinar y la telera 32,5, por lo que se conseguía un ahorro de 8,5 kilogramos de madera por tonelada de mineral; ó 77,70 kilogramos de madera por kilogramo de cobre fino para los hornos cónicos, y 77,31 kilogramos de madera por kilogramo de cobre fino para las teleras con un ahorro de 0,39 kilogramos.

En 1845 se estableció la cementación artificial que sustituyó a la vía seca, lo que supuso una fuerte disminución de la presión sobre el bosque, y la solución a la falta de combustible de REMISA, debido a que este método metalúrgico sólo consumía monte bajo en la calcinación de los minerales y madera en el afino, pues ésta que tenía por objetivo obtener sulfatos solubles de cobre, se realizaba a baja temperatura pues una vez iniciadas las reacciones proseguían solas, dada su exotermicidad. El consumo era de 1,80 kilogramos de masa forestal (1,25 kg. de monte bajo más 0,55 kg. de madera) por kilogramo de cobre fino obtenido, lo que suponía un ahorro de masa forestal respecto a la vía seca por teleras de 75,51 kilogramos por kilogramo de cobre fino obtenido.

GONZALO TARÍN (1888, T. II 619) estableció que la cantidad de jara necesaria para iniciar la combustión del azufre de las piritas era de 14 ó 15 kg. por tonelada de mineral y como excepción 20 ó 25 kg. dependiendo de la mayor o menor facilidad con que las piritas ardían.

La cementación artificial emitía menos azufre a la atmósfera que la vía seca, donde la calcinación (tostación) era a muerte, mientras que en aquella quedaba en el mineral calcinado parte del azufre formando sulfatos. Los graves daños a los bosques y la agricultura producidos por la cementación artificial, se deben al fuerte incremento de los minerales calcinados, como consecuencia del aumento de la producción de cobre, y a realizarse esta calcinación casi a nivel del suelo, lo que dificultaba la dilución de los gases en la atmósfera.

La cementación artificial como consecuencia de la lixiviación del calcinado, aumentaba la carga de contaminantes de las aguas vertidas al río (sobre todo de hierro de la cementación), no su volumen, pues procedían del socavón de desagüe y de la Cueva del Lago, que después de rendir el cobre que contenían por cementación natural, posteriormente hacían de motor moviendo las ruedas hidráulicas, que activaban los fuelles de los hornos de afinación y posteriormente de los de derretido.

CASIANO DE PRADO, ingeniero encargado de recibir las minas en Abril de 1849, al vencimiento del contrato, calificó de auténticamente problemático todo el periodo del alquiler de REMISA, manifestando su extrañeza a la oposición de la empresa al recuento de pinos.

Los 444.000 pinos del inventario de Abril de 1829, se habían convertido en veinte años después en 95.784, es decir un 21,60% del pinar inicial; se valoraron en 287.684 reales los montes que veinte años antes lo habían sido en 1.521.100 reales, es decir que se había reducido su valor a un 18,91% del originario, no abonando REMISA esta diferencia (ALDANA, 1875, 403). El número de pinos perdidos fue de 348.216, que para un número de pies por hectárea de 416 (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 131), supuso una superficie deforestada de 837 Ha., es decir el 34,34% (se le había otorgado una superficie de 1/2 legua en torno al pozo principal) de la superficie de las minas, con la consiguiente pérdida de suelo.

Con motivo de la solicitud de LA CERDA para beneficiar minerales por el método electro-químico, informó el director de las minas en Julio de 1849 indicando que dada la escasez de combustible y arbolados en bastantes leguas en contorno, no debía accederse a la solicitud (ALDANA, 1875, 371). Lo que era muestra del estado en que REMISA había dejado los montes.

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El anhídrido carbónico o dióxido de carbono es un componente natural de la atmósfera, pero se considera un contaminante más cuando su concentración se eleva sobre sus reducidas proporciones normales (0,3%). Es un gas incoloro, incombustible y de olor ligeramente ácido.

Es aproximadamente un 50% más pesado que el aire, y elemento fundamental para las plantas, que con el agua y la energía solar sintetizan la materia orgánica.

El principal problema que genera las emisiones anhídrido carbónico se debe a que es un factor básico del efecto invernadero, por el cual se supone que la atmósfera terrestre está experimentando un progresivo calentamiento (CARO GÓMEZ et al, 1996, 12).

La actividad minera de Riotinto a lo largo de su historia ha generado anhídrido carbónico procedente de la utilización de carbón o leña en los procesos metalúrgicos. Como conocemos el volumen de madera consumido por el marqués de REMISA, podemos calcular su equivalente en carbón, al cual le suponemos que sufre una combustión completa transformándose en anhídrido carbónico. En este cálculo también supondremos que la madera seca es equivalente al 25% de su peso en carbón y que éste corresponde al 81% de carbono (CANSECO MEDEL, 1968, T.I. 15).

CUADRO II

Emisiones de anhídrido carbónico (efecto invernadero) a la atmósfera durante el alquiler de las minas al marqués de REMISA (1829-1845)

Madera total consumida seca (tm)	Equivalente de la madera consumida en carbón vegetal (tm)	Equivalente del carbón vegetal en carbono (tm)	Emisiones a la atmósfera de CO₂ (Nm³)
155.476	38.869	31.483	58.769.928

En el cuadro II se reflejan las emisiones de anhídrido carbónico a la atmósfera para el periodo que va desde 1829 a 1845 en que se sustituyó la vía seca por la cementación artificial, proceso que consumía una menor masa forestal como combustible, por lo que hemos creído menos relevante las emisiones a partir de ese año.

Dado el periodo de tiempo en que se producen estas emisiones (16 años), hay una importante dilución de éstas, por lo que podemos concluir que no contribuyeron al efecto

invernadero.

EMISIONES DE GASES CAUSANTES DE LA LLUVIA ÁCIDA

El anhídrido sulfuro es un gas incoloro y relativamente denso (2,93 g/l a 20 °C) irritante para los ojos, las mucosas y las vías respiratorias.

Por oxidación en la atmósfera, el anhídrido sulfuroso puede transformarse en anhídrido sulfúrico (SO₃), y éste, por reacción con el agua, generar aerosoles de ácido sulfúrico, que por neutralización forma sulfatos. En la etapa ácida es uno de los responsables del fenómeno de la lluvia ácida.

Esta cadena de reacciones hace que la presencia del SO₂ en la atmósfera sea relativamente efímera, con un media estimada de permanencia de cuatro o cinco días.

Los efectos nocivos, para el hombre y el medio ambiente en general, son patentes en las diferentes etapas reactivas. Las consecuencias son variables según las concentraciones, el tiempo de exposición o la sensibilidad de los diferentes organismos. Para los seres humanos, la contaminación por SO₂ provoca molestias o daños que pueden llegar a ser graves, en el aparato respiratorio, ojos y mucosas, mientras que las plantas pueden sufrir necrosis. Además la presencia de SO₂ es causa de deterioro de materiales, ya que acelera los procesos de oxidación de los metales y se convierte en uno de los responsables del deterioro de gran cantidad de monumentos (CARO GÓMEZ et al, 1996, 11).

Para la vía seca consideraremos para los minerales piríticos de Riotinto, una ley media en azufre del 47% (PINEDO VARA, 1963, 84). Las tres calcinaciones que se le daban al mineral, pretendían eliminar la mayor parte del azufre (tostación a muerte) y obtener óxidos de cobre, el posible azufre que quedase, terminaría eliminándose en la fundición y posterior afinado del cobre; en estas operaciones se eliminaría, por tanto, el 47% de azufre que se desprendería en forma de anhídrido sulfuroso.

Las teleras en su calcinación perdían un 22% de peso, que era el resultado de la pérdida del 34% de azufre que se iba a la atmósfera y la ganancia de un 12% en peso debida al oxígeno atmosférico, que entraba a formar parte de los sulfatos y óxidos que se producían (RUA FIGUEROA, 1868, 41 y 167). Siguiendo estos criterios se ha elaborado el cuadro III.

CUADRO III

Producciones de mineral, emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y potencial ácido sulfúrico generado durante el alquiler de las minas al marqués de REMISA (1829-1849)

Sistema metalúrgico	Mineral beneficiado (tm)	Azufre emitido a la atmósfera (tm)	Volumen de SO₂ (Nm³)	Potencial SO₄H₂ (tm)
Via seca	86.857	40.822	28.575.820	122.468
Cementación artificial	78.954	26.844	18.790.800	80.533
Total	165.811	67.666	473.366.620	203.001

Puesto que el tratamiento del mineral por vía seca emitía a la atmósfera un 47% de azufre y la cementación artificial un 34%, la cementación artificial era un 13% menos

contaminante a efectos de la lluvia ácida, pero parte de este azufre se iba en forma de sulfatos, sobre todo de hierro, al río.

LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Las únicas aguas utilizadas en las minas eran las procedentes del socavón de desagüe de la mina y las de la Cueva del Lago; aguas que después de rendido el cobre por cementación natural, hacían de motor de las ruedas hidráulicas que movían los fuelles de los hornos, posteriormente pasaban a los pilones de la cementación artificial de donde salían con unos 200 gramos de cobre por metro cúbico; sometiéndose a cementación en canales, unas veces unida a las que procedían de los trabajos subterráneos, otras a las procedentes de las filtraciones de los terreros, o aisladamente; de modo que cuando iban a parar al río Tinto su contenido en cobre era aproximadamente de 20 gramos por metro cúbico; a los que hay que añadir parte del hierro procedente del mineral y el utilizado en la cementación.

La composición química de las aguas de cementación natural, según el análisis hecho por ESCOSURA, figura en el cuadro IV.

CUADRO IV

En un litro de agua:	
Óxido ferroso	2,5920 gramos
Óxido cúprico	0,2800 gramos
Glucina	0,0740 gramos
Alúmina	0,0090 gramos
Cal	0,0065 gramos
Ácido sulfúrico	4,6700 gramos

Análisis de las aguas de cementación natural Según BERNÁLDEZ, 1853, 256

Sólo hemos encontrado una medición de caudales efectuada por ANGULO en 1787, en el socavón de desagüe de la mina, en el que instaló los canales de cementación, obteniendo 800 libras de peso en un minuto; aunque desconocemos la densidad de estas aguas cobrizas, la hemos asimilado a la del agua limpia, lo que nos da un caudal de 6,13 litros por segundo y un volumen al año de 193.420 metros cúbicos, sin tener en cuenta las procedentes de la Cueva del Lago (ALDANA, 1875, 282).

Indirectamente, también lo hemos determinado, pues RUA FIGUEROA (1868, 74) decía que todos los años iban al mar 3.500 kilogramos de cobre, como cada metro cúbico de agua contenía 20 gramos de cobre, nos resulta un volumen de 175.000 metros cúbicos; lo que suponía un caudal de 5,54 litros por segundo.

Aunque, existe constancia de la obtención de cobre por cementación natural en tiempos de TIQUET, no es hasta su rehabilitación por ANGULO en 1788 cuando figuran por escrito las producciones de cobre; a continuación damos las producciones de cobre y el consumo de hierro que se iba con las aguas para la etapa del marqués de REMISA; considerando un consumo de hierro de 2,135 unidades por unidad de cobre, media ponderada del consumo de los años 1800 a 1804 (RUA FIGUEROA, 1859, 208).

Durante la etapa de REMISA la producción de cobre por cementación natural fue de 991.590 kilogramos, con un consumo de hierro de 2.117.043 kilogramos.

Hemos considerado para la época de REMISA un consumo de hierro de 2,50 unidades (ANÓNIMO, 1852 b, 368) por unidad de cobre producida por cementación artificial, siendo su producción de 1.925.502 kilogramos lo que supuso un consumo de hierro de 4.813.757 kilogramos.

Estos valores se reflejan en el cuadro V.

CUADRO V

Sistema metalúrgico	Cobre obtenido (kg)	Hierro consumido (kg)
Cementación natural	991.590	2.117.043
Cementación artificial	1.925.502	4.813.757
Total	2.917.092	6.930.800

Cobre obtenido por vía húmeda e hierro consumido

CONCLUSIONES

La brutal deforestación producida por el marqués de REMISA además de la pérdida de bosque autóctono, había producido una gran pérdida de suelo. Esta deforestación le obligó a cambiar en 1845 de método metalúrgico ante la falta de combustible para los hornos, estableciendo la cementación artificial.

La cementación artificial emitía un 13% menos de azufre a la atmósfera que la vía seca, donde la calcinación era a muerte, mientras que en aquella quedaba en el mineral calcinado parte del azufre formando sulfatos. Los graves daños a los bosques y a la agricultura producidos por la cementación artificial, se deben al fuerte incremento de los minerales calcinados, como consecuencia del aumento de la producción de cobre, y a realizarse esta calcinación casi a nivel del suelo, lo que dificultaba la dilución de los gases en la atmósfera.

También contribuían al impacto ambiental la ocupación de suelo por las escombreras y escoriales, y las aguas de lluvia junto con las que salían por los socavones mineros que contaminaban los suelos, los ríos, arroyos, y acuíferos sub-superficiales y subterráneos, al percolar por éstas escombreras y escoriales.

BIBLIOGRAFÍA

ALDANA, L. 1855. Preservativo contra el cólera morbo. *Revista Minera, Tomo VI*. Madrid 1875. *Las minas de Río-Tinto en el transcurso de siglo y medio*. Establecimiento tipográfico de Pedro Núñez. Madrid. 540 pp.

ANONIMO 1852a. Caracteres particulares de los vapores que se desprenden en la calcinación de las piritas cobrizas de Río-Tinto, sus efectos en la vegetación y en la salud pública. *Revista Minera, Tomo III*. Madrid.

1852b. Mejoras en la cementación artificial establecida en Río-Tinto para el beneficio de los minerales de cobre. *Revista minera, Tomo III*. Madrid.

BERNALDEZ, F. 1853. Metalurgia del cobre en Río-Tinto en 1853. *Revista Minera, Tomo IV*. Madrid.

CANSECO MEDEL, A. 1968. *Tecnología de combustibles*. E.T.S.I. M. Madrid. 507 pp.

CARAVANTES, F. 1840. Memoria de la visita realizada a las minas de Río-Tinto, 5 de marzo de 1840. *Archivo Histórico Nacional, Expediente del Ministerio de Hacienda, legajo nº 1999*. Madrid.

CARO GÓMEZ, et al 1996. *Calidad del aire en Andalucía (1993-1995)*. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla. 107 pp.

ESCOSURA, L. 1845. De la fundición de los minerales de las minas de Río-Tinto. *Anales de Minas, Tomo III*. Madrid.

FERNÁNDEZ Y GALÁN 1996. Impacto ambiental de la minería en el devenir histórico de la Comarca de Riotinto (Huelva). *Geogaceta*, 20 (5). Madrid.

FLORES CABALLERO, MANUEL 1983. *Riotinto: La fiebre minera del XIX*. Diputación Provincial de Huelva. 218 pp.

GARCÍA CASTAÑEDA, JOAQUÍN 1853. Sobre el beneficio de los minerales de Río-Tinto. *Revista Minera, Tomo IV*. Madrid.

GÓMEZ DE SALAZAR, I. 1870. RÍO-TINTO. *Revista Minera, Tomo XXI*. Madrid.

GONZALO TARÍN, J. 1888. *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva*. Imp. M. Tello. Madrid. 1331 pp.

KITH Y ESCOSURA 1846. Descripción del método de cementación artificial, según acaba de plantearse para el beneficio de la pirita ferruginosa cobriza, en el establecimiento de Río-Tinto. *Anales de Minas, Tomo IV*. Madrid.

PINEDO VARA, I. 1963. *Piritas de Huelva, su historia, minería y aprovechamiento*. Ed. Summa. Madrid. 1003 pp.

PRADO, CASIANO 1856. *Minas de Río-Tinto: Memoria sobre el estado que ofrecían con sus diversas dependencias al finalizar la empresa que las había llevado en arrendamiento desde el 24 de abril de 1829 hasta igual día de 1849*. Madrid.

RAMOS FIGUERAS, J. L. 1979. *Selvicultura*. Madrid. 380 pp.

RÚA FIGUEROA, R. 1852. Estudio comparativo entre los métodos de cementación artificial y fundición aplicados a los minerales de cobre de Río-Tinto. *Revista Minera, Tomo III*. Madrid.

1859. *Ensayo sobre la historia de las minas de Río-Tinto*. Imp. Viuda de D. Antonio Yenes. Madrid. 319 pp.

1868. *Minas de Río-Tinto. Estudios sobre la explotación y el beneficio de sus minerales*. Establecimiento Tipográfico de Eusebio Cascante. Coruña. 280 pp.

SALKIELD L. U. 1987. *A technical history of the Riotinto mines: Some notes on exploitation from pre-phoenician times to the 1950s*. The Institution of Mining and Metallurgy. London. 114 pp.

VALLADARES CONDE, A. 1961. *Conocimientos básicos forestales*. Ministerio de Agricultura. Madrid. 216 pp.

XIMÉNEZ DE EMBÚN Y GONZÁLEZ ARNAO 1963. *Diez temas sobre los árboles*. Ministerio de Agricultura. Madrid. 256 pp.