

Microfotografías de Domingo de Orueta y Duarte (1862-1926) en los fondos históricos del Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid)

I. Rábano⁽¹⁾, E. Baeza⁽¹⁾, R.P. Lozano⁽¹⁾ y J.A. Carroza⁽²⁾

(1) Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid
E-mail: i.rabano@igme.es, e.baeza@igme.es, r.lozano@igme.es

(2) Sistemas de Información Geocientífica. Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid
E-mail: ja.carroza@igme.es

RESUMEN

Domingo de Orueta y Duarte fue uno de los personajes más relevantes dentro del entorno científico de finales del siglo XIX y principios del XX. Son notables sus avances y descubrimientos en la geología y minería de la Serranía de Ronda y, sobre todo, sus aportaciones en la realización de microfotografías en color de secciones delgadas de rocas. Orueta utilizó placas autocromas para fotografiar las rocas que ilustrarían después las láminas coloreadas de su meritorio trabajo geológico-minero de la Serranía de Ronda (Málaga). En el Museo Geominero se conservan 78 placas autocromas, que contienen una o dos imágenes petrográficas bajo nícoles cruzados y dentro de éstas, 47 contienen imágenes figuradas en el trabajo antes mencionado. La colección se ha catalogado incluyendo la información contenida en cada placa, los datos de figuración, los defectos originales y el estado de conservación. Aunque este último es relativamente bueno, se ha elaborado también un plan integral de conservación, incluyendo las intervenciones sobre la colección y las medidas de conservación preventiva. Por último, se ha generado una nueva base de datos específica, que alberga la información correspondiente a cada ejemplar de la colección, incluyendo la digitalización de la totalidad de imágenes a alta resolución.

Palabras clave: Domingo de Orueta y Duarte, placas autocromas, microfotografías, tricomías, Historia de la Geología, Historia de la Fotografía

Microphotographs by Domingo de Orueta y Duarte (1862-1926) in the historical archives of the Museum of the Geological Survey of Spain (Museo Geominero, IGME, Madrid)

ABSTRACT

Domingo de Orueta y Duarte was one of the most relevant scientists of the end of the 19th century and beginning of the 20th century. He made important discoveries and contributions to the geology and mining of the Ronda Range and, above all, he made colour microphotographs of thin sections of rocks. Orueta used autochrome plates to photograph the rocks which would later illustrate the coloured figures in his meritorious work on the mining and geology of the Ronda Range (Málaga). The Museum of the Geological Survey of Spain (Museo Geominero) hosts in its archives 78 of his autochrome plates, each with one or two petrographic images taken under cross-polarized light, and 47 of these plates include images figured in his aforementioned work. The collection of plates has been catalogued, including the information provided by each plate, all figure data, original defects and state of conservation. Even if the latter is relatively good, we have also elaborated an integrated conservation plan including interventions on the collection and preventive conservation measures. We have made a new database with all the information provided by each plate in the collection, including high resolution digitised images.

Key words: Domingo de Orueta y Duarte, autochrome plates, microphotographs, three-color process, History of Geology, History of Photography

Introducción

Entre los personajes del siglo XIX que se dedicaron al estudio de la geología del territorio español, muchos de ellos pertenecientes al Cuerpo de Ingenieros de

Minas, los hay que sobresalen por encima de los demás por la innovación que imprimieron a sus investigaciones, brindando auténticos ejemplos de perseverancia y dedicación, algunos de ellos con notoriedad incluso a nivel internacional. Este es el

caso de Domingo de Orueta y Duarte (1862-1926), quien realizó notables descubrimientos geológico-mineros en la Serranía de Ronda (Málaga) y autor de importantes mejoras en las técnicas microscópicas y microfotográficas.

En los fondos históricos del Museo del Instituto Geológico y Minero de España se conserva una colección de placas fotográficas de vidrio en color (placas autocromas, autocromáticas o tricromías). Las placas autocromas constituyen el legado de una parte muy interesante de la historia de la fotografía y, en este caso, también de la historia de la Geología. Entre 1907 y 1932 se realizaron muchos miles de fotografías en todo el mundo empleando este método, descubierto y comercializado por los hermanos Lumière. Por ello, es en Francia donde se conserva la mayor parte de los ejemplares originales (por ej., Institut Lumière, Centre

Albert Kahn o la Société Française de Photographie), aunque también se conocen grandes colecciones estadounidenses, como la de la National Geographic Society o la de la Biblioteca del Congreso. En España existen más de una treintena de archivos fotográficos públicos que conservan pequeñas colecciones de placas autocromas, aunque las mejores colecciones y las más numerosas se encuentran en manos privadas. No obstante, la importancia de la colección formada por Orueta radica en que las imágenes se obtuvieron microscópicamente a partir de secciones delgadas de rocas. Para que se comprenda la rareza de este material, basta decir que en el Laboratorio de Geología de la Universidad "Pierre y Marie Curie" de París, sólo se conservan 18 placas autocromas de principios del siglo XX, con imágenes petrográficas de diferentes láminas delgadas de rocas.



Figura 1. Domingo de Orueta y Duarte (1862-1926). Izquierda, fotografía realizada en el estudio del pintor y fotógrafo Antonio Cánovas del Castillo "Kaulak", retratista de la Casa Real y de las personalidades políticas y culturales más relevantes del momento. Derecha, retrato perteneciente a la galería de directores del Instituto Geológico y Minero de España

Figure 1. Domingo de Orueta y Duarte (1862-1926). Left, photograph by Antonio Cánovas del Castillo "Kaulak", photographer of the Royal Family and of the most relevant political and cultural personages. Right, portrait of the gallery of directors of the Spanish Geological Survey

En el presente trabajo se muestran las labores realizadas para la correcta catalogación, conservación y documentación de dicha colección, elemento notable del patrimonio geológico mueble histórico de la institución, y se acompaña de una biografía de su autor.

Domingo de Orueta y Duarte: una aproximación biográfica

Resulta difícil resumir una vida tan intensa y fecunda como fue la de Domingo de Orueta y Duarte (Fig. 1). La información que hemos utilizado se ha basado en sus necrológicas (Kindelán, 1926; Fernández Navarro, 1926; Contreras, 1926; Anónimo, 1926; Marcet Riba, 1926), en la contestación de Cortázar al discurso de entrada de Orueta en la Academia de Ciencias de Madrid (Cortázar, *in* Orueta, 1923) y en las semblanzas realizadas por uno de sus descendientes (Orueta González, 1998; Orueta González y Rodríguez González, 2002), junto con informaciones extraídas de diversas revistas de la época.

Sus antecedentes hay que buscarlos en su padre, Domingo de Orueta Aguirre (1833-1895), predestinado en su juventud a seguir los negocios familiares en Málaga, pero su gran afición por las ciencias naturales, el arte y la literatura hizo que pronto dejara estas actividades, para convertirse de forma autodidacta en un gran experto en la geología y entomología malagueñas. Fundador en 1872 de la Sociedad Malagueña de Ciencias, su amistad con el geólogo de origen gaditano de la Institución Libre de Enseñanza, José Macpherson (1839-1902), influyó grandemente en su personalidad científica, al que inició por otra parte en el uso del microscopio. A las excursiones geológicas que realizaban estos dos grandes amigos se sumaba uno de los hijos de Orueta, Domingo, quien pronto sintió esta gran afición a la geología y a la microscopía de la mano de su padre. Había nacido Domingo en Málaga, el 24 de enero de 1862, ciudad donde realizó sus estudios primarios y los de Perito Químico, ampliando conocimientos en Inglaterra. Sin embargo, las inquietudes científicas de Domingo iban más allá, y en 1880 ingresa en la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid, realizando una brillante carrera que finaliza en 1885 con el número uno de su promoción.

Siendo aún estudiante, en diciembre de 1884, tuvieron lugar una serie de terremotos en Andalucía, que afectaron especialmente a Granada y Málaga. Orueta se encontraba pasando sus vacaciones invernales en la casa familiar malagueña y tuvo oportunidad de conocer directamente sobre el terreno los daños producidos por los seísmos. Con un permiso especial del Director de la Escuela de Minas, Orueta

realizó un informe en el que destaca ya la relación de lo ocurrido con las características geológicas de la zona, muy poco conocidas en esos momentos. Este fue presentado en la Sociedad Malagueña de Ciencias, institución de la que era socio desde los 18 años (Orueta, 1885). Ese mismo año da a conocer también su informe sobre los terremotos andaluces en la Sociedad Española de Historia Natural, siendo presentado por su profesor en la Escuela de Minas, Lucas Mallada (1841-1921). También durante el curso 1884-1885, y fruto de su amistad con Macpherson, imparte clases de Geología y Laboreo de Minas en la Institución Libre de Enseñanza en Madrid. En su *Boletín* publica Orueta sus primeros trabajos científicos, resultado de sus observaciones con el microscopio (Orueta, 1890), afición que hereda de su padre y en la que, como veremos más adelante, se convertiría en una autoridad en la materia, llegando a instalar en su casa un laboratorio perfectamente equipado.

A la finalización de sus estudios en la Escuela de Minas, la plantilla del Cuerpo de Ingenieros de Minas estaba completa, por lo que Orueta se ve obligado a trabajar durante 1886 en las minas de carbón de Orbó (Palencia) y en las de Matallana (León). Ese mismo año se casa con una malagueña, Manuela Castañeda Ramírez, con la que llegó a tener cinco hijos.

El 10 de enero de 1887 ingresa en el Cuerpo de Ingenieros de Minas, y realiza las prácticas preceptivas en la Ferrería Heredia de Málaga, finalizándolas en el distrito minero de Badajoz, donde permanece hasta abril de 1888. Ese año es nombrado jefe interino del distrito de Cuenca, para posteriormente desempeñar la jefatura del distrito de Huelva (Luis Jesús Llana, datos inéditos). A mediados de 1889 solicita licencia ilimitada en el servicio al Estado y, en fechas no determinadas aún, fija su residencia en Gijón y, emprendedor como era, en 1893 alquila la antigua fábrica de jabón del Llano y la transforma en taller de forja (Fábrica de Hierros Forjados y Estampados). Posteriormente la compró y la transformó en Fábrica Orueta, S.A. La empresa había sido proyectada inicialmente para la fabricación, con patente propia, de los frascos de hierro para el traslado del mercurio de las minas de Almadén. Este contrato lo mantuvo durante siete años, pero por diferentes causas lo perdió. Ello motivó que derivase a la fabricación de herramientas y diferentes elementos para las obras públicas, la minería y los ferrocarriles, ya con la fábrica en propiedad y donde alcanzó una prosperidad económica notable. En 1902 recupera el suministro de frascos a Almadén y prosiguió en ello durante bastantes años más sin ningún tipo de competencia.

En 1889 es nombrado director de la Sociedad Fábrica de Mieres, empresa constituida en 1879 para

la explotación de hulla y la producción de hierro, cuya actividad siderúrgica se extendió hasta la segunda mitad del siglo XX. Y a comienzos del curso de 1893 se incorpora como profesor de Geometría, Trigonometría y Topografía del primer año de carrera en la Escuela de Capataces de Minas de Mieres que, inaugurada en 1854, había sido promovida por otro eminente geólogo de origen alemán, Guillermo Schulz (1805-1877). En 1897 pasa a impartir la asignatura de Electrotecnia, cuya docencia continúa hasta su traslado a Madrid en 1915. Se da la circunstancia de que en 1901 se reduce, por orden ministerial, la plantilla de la Escuela y Orueta cesó temporalmente como profesor, siendo destinado al distrito de

Guipúzcoa. Jerónimo Ibrán (1842-1910), otro importante personaje de la minería asturiana y a la sazón director de la Escuela, reaccionó rápidamente a esta medida y promueve que Orueta pase al distrito minero de Oviedo. A finales de 1901, Orueta fue reintegrado a su plaza en la Escuela de Mieres (Luis Jesús Llana, datos inéditos).

Otra faceta de inventor de Orueta la descubrimos en la patente nº 25041, de 13 de noviembre de 1899, por la que registró "un procedimiento mecánico para la aplicación de la telegrafía sin hilos para evitar los choques de trenes en los caminos de hierro y poder comunicar los trenes en marcha". Orueta logró que al aproximarse dos trenes, y aún habiendo obstáculos

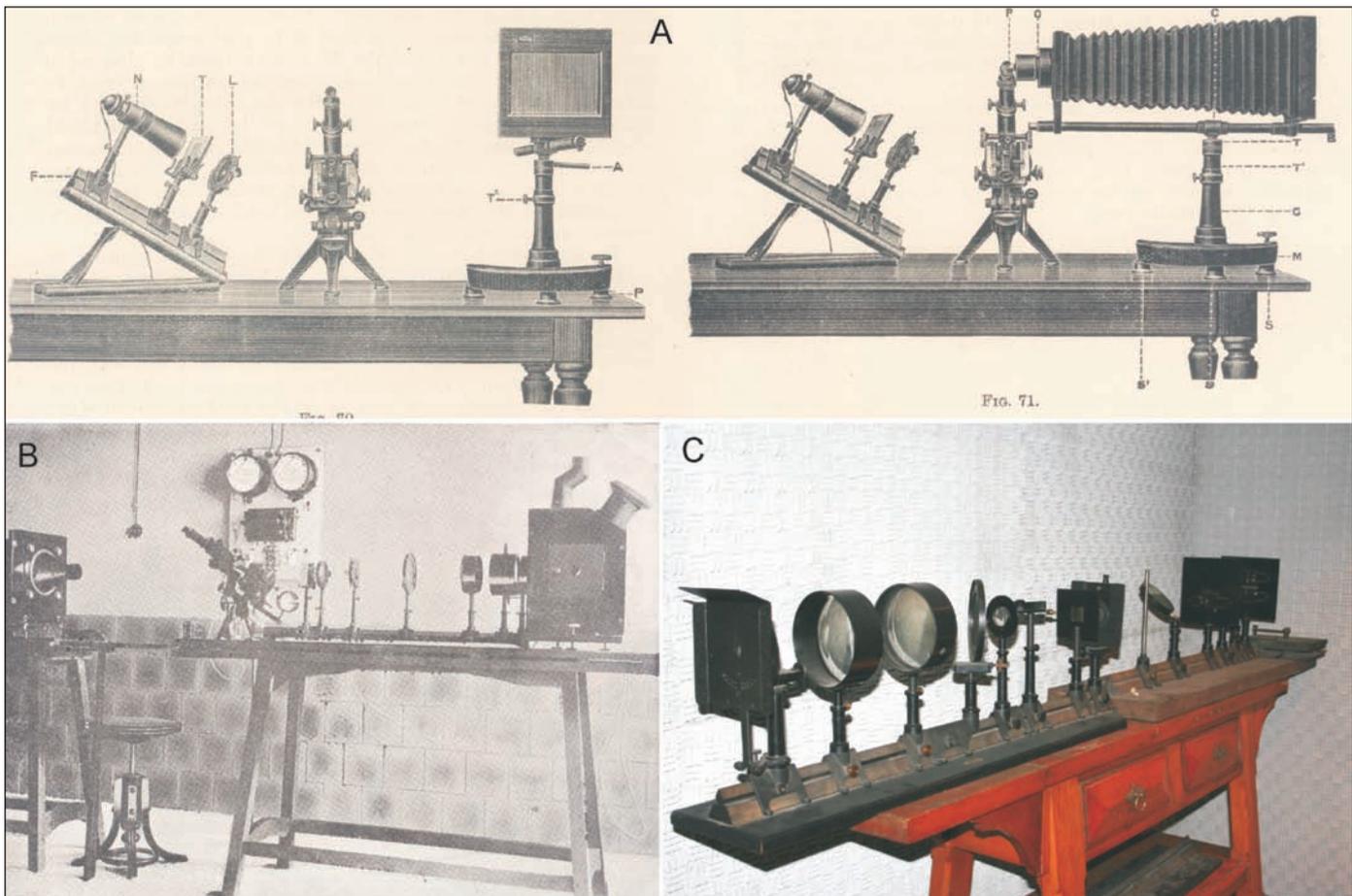


Figura 2. A: Instalación original de Orueta para microfotografías con el microscopio en cualquier posición, y especialmente en la inclinada (Orueta, 1911). A (Izquierda), posición normal de trabajo, es decir, la de observación directa. A (Derecha), la cámara está en posición para tomar la microfotografía. B: Una de las instalaciones de microfotografía en el laboratorio particular de Domingo de Orueta en su casa de Gijón (Anónimo, 1911). C: Banco óptico de luz monocromática de Luis Simarro, construido bajo diseño de Domingo de Orueta. Legado Simarro, Facultad de Psicología, Universidad Complutense de Madrid (González Bueno y Baratas Díaz, 2007)
Figure 2. A: Orueta's installation for microphotography with the microscope standing in any position, especially in inclined position (Orueta, 1911). A (Left), microscope in an inclined position for direct observation. A (Right), the camera is in the right position to take the microphotograph. B: Microphotography installation in Orueta's particular laboratory at Gijón (Anónimo, 1911). C: Optical bench of homogeneous light of Luis Simarro, constructed following the design by Domingo de Orueta. Leg. Simarro, Faculty of Psychology, Complutense University of Madrid (González Bueno & Baratas Díaz, 2007)

que impidieran su contacto, sonaran timbres en ambos convoyes cuando se encontraban a no menos de 300 m de distancia (Anónimo, 1900).

A la vez que se ocupaba de sus negocios y de la docencia en Mieres, Orueta continuaba con sus trabajos relacionados con la microscopía y con la microfotografía. En su casa de Gijón tenía instalado un laboratorio particular que, sin ánimo de lucro, había puesto a disposición de todo aquel que requiriera este tipo de servicios (Anónimo, 1911). No sólo disponía de los últimos modelos de microscopios (de las casas Carl Zeiss, Swift y Ross & Watson), con una amplia serie de objetivos y lentes, sino que el equipo se completaba con todo tipo de aparatos auxiliares de iluminación, para dibujar (con cámara clara), para disección y para microfotografía. Este laboratorio lo trasladó a su casa de Madrid en 1915 cuando se incor-

poró a sus tareas como vocal del Instituto Geológico de España. Desde 1888 era socio de la American Microscopical Society y de la United States Optical Society. También era socio de la Royal Microscopical Society de Londres. En esta última presentó su nuevo "aparato para microfotografía con el microscopio colocado en cualquier posición, y especialmente en posición inclinada" (Orueta, 1911, 1912a) (Fig. 2AB).

No sólo realizaba las fotografías de sus preparaciones petrográficas, sino que también colaboraba con otros investigadores en campos muy diferentes al suyo, experimentando nuevos métodos de tinción y de fotografía. Luis Simarro (1851-1921) fue un usuario asiduo de las instalaciones de Orueta. Neuropsiquiatra y catedrático de Psicología Experimental en la Universidad de Madrid, Simarro estuvo también ligado a la Institución Libre de

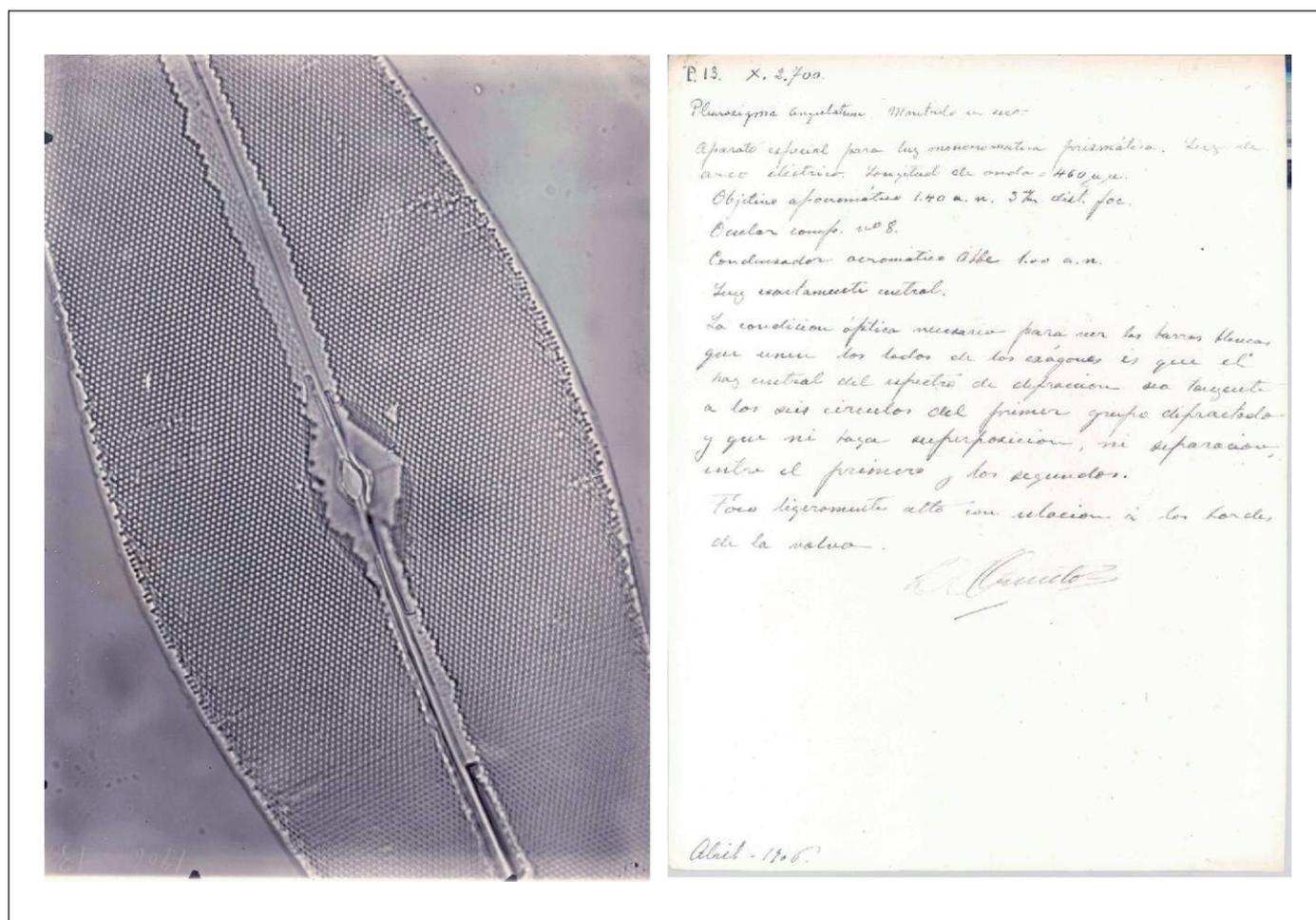


Figura 3. Izquierda, microfotografía de la diatomea *Pleurosigma angulatum* tomada en abril de 1906 por Domingo de Orueta. Derecha, reverso manuscrito del autor en el que indica las condiciones ópticas en las que se tomó la imagen
Figure 3. Left, microphotograph of the diatom *Pleurosigma angulatum*, made by Domingo de Orueta in April 1906. Right, author's handwriting indicating optical conditions of the photograph

Enseñanza y fue el introductor en España de las nuevas técnicas para preparaciones neurohistológicas que aprendió en París (método de Golgi, que luego adoptó Cajal). En el legado Simarro de la Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid se conserva actualmente un banco óptico de luz monocromática, que fue construido según el diseño de Orueta mencionado anteriormente (González Bueno y Baratas Díaz, 2007) (Fig. 2C).

También el conocimiento de los organismos unicelulares atrajo la atención de nuestro personaje. En la Biblioteca del Instituto Geológico y Minero de España se conserva una serie de fotografías originales de diatomeas, realizadas en abril de 1906, en las que su autor dejó constancia de la técnica óptica utilizada (Fig. 3). Colaboró en este sentido con Ernesto Caballero (1858-1935), experto micrógrafo y diatomólogo, que contactó con Orueta durante su primer destino en Asturias como catedrático del Instituto de Gijón, y que fue quizá quien le introdujo en el mundo de las diatomeas.

La Fábrica Orueta de Gijón prosperó de tal forma, que proporcionó a su fundador la independencia económica necesaria para acometer todas aquellas investigaciones que tenía pendientes desde su juventud. Nos referimos al estudio geológico de la Serranía de Ronda, comenzado por su padre y en el que participó desde muy joven. En 1913 pide una excedencia de unos meses en la Escuela de Capataces de Mieres (pagándose un suplente de su propio bolsillo), y realiza nuevas prospecciones de campo, que se extienden durante los dos años siguientes. Su larga experiencia con la microscopía hace que enfoque el estudio desde un punto de vista petrográfico, para lo que examina más de 500 láminas delgadas que se hace preparar en Alemania (talleres de Krantz -Bonn- y Voigt und Hochgesang -Göttingen-), donde obtiene la calidad de tallado deseada (Orueta, 1917). La prosperidad económica que comentamos anteriormente, y su deseo de retomar los estudios geológicos, hizo que en 1915 se trasladase a vivir a Madrid, dejando la fábrica en manos de su hijo Manuel, también ingeniero de minas.

En su condición de miembro del Cuerpo de Ingenieros de Minas, el 15 de noviembre de 1915 es nombrado vocal del Instituto Geológico de España, cesando como profesor de la Escuela de Capataces de Mieres. Unos días antes, el 30 de octubre de 1915, presenta ante una audiencia muy selecta, en el Instituto de Ingenieros Civiles, el gran hallazgo realizado durante sus investigaciones en Ronda: el descubrimiento del platino en España (Orueta, 1915). La noticia de este descubrimiento despertó el interés de la Corona, que encargó a Orueta, por Real Decreto de

21 de noviembre de 1915, un estudio detallado desde los puntos de vista económico y estratégico, pues además del platino existían indicios de cromo y níquel, utilizados en la fabricación de armamento y que España importaba de otros países. Para ello se incluyeron en los presupuestos del Ministerio de Fomento correspondientes a 1916 y 1917, respectivamente, la cantidad extraordinaria de 150.000 pesetas para hacer frente a las investigaciones. Igualmente, y por leyes de 8 de diciembre de 1916 y 16 de noviembre de 1917, el Estado se reservó los derechos de investigación y explotación hasta 1919. Entre 1915 y 1916 Orueta llevó a cabo este encargo, y publica unos años más tarde en el Instituto Geológico un detallado informe con las conclusiones del mismo (Orueta, 1919). En éste, fechado en mayo de 1919 y remitido en julio de ese mismo año al Director General de Agricultura, Minas y Montes del Ministerio de Fomento, se reconoce la existencia de 246.531 kg de platino en los ríos Verde y Guadaiza, cerca de San Pedro de Alcántara. Además de ello, las cantidades de níquel y cromo estimadas cubrirían con creces el abastecimiento de estas sustancias a las fábricas militares españolas. A pesar de los magníficos resultados de las investigaciones, el platino no se llegó a explotar nunca.

Santiago Piña de Rubies (1887-1940), naturalista y químico del departamento de Espectroscopía del Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales de la Junta para Ampliación de Estudios, había realizado el estudio geoquímico del yacimiento de platino de Kalpak-Kazansky, en los Urales, y colaboró con Orueta en los trabajos y ensayos de laboratorio de las muestras malagueñas. En la ladera oriental del cerro del Lentisco, Orueta había localizado unas masas de color gris plomo, de hasta 5 mm, blandas, muy fácilmente exfoliables, casi micáceas, acompañadas de bismuto nativo, bismutinita y sheelita, libres dentro de arena dolomítica y calcárea contenida en huecos tubulares en la dolomía. Piña de Rubies caracterizó con ello una nueva especie mineral, la oruetita (Fig. 4), un sulfotelururo de bismuto (Piña de Rubies, 1919), que actualmente se encuentra sinonimizada con la joseíta (Calvo Rebollar, 2003).

El estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda (Orueta, 1917) es una de las obras cumbre de Domingo de Orueta y a la que dedicó gran parte de su esfuerzo. En ella analizó las rocas *hipogénicas* de la Serranía de Ronda a través de un trabajo petrográfico exhaustivo que exigió la realización de 500 láminas delgadas. Estas fueron estudiadas con un método muy moderno para la época (microscopio binocular con luz reflejada), e ilustradas en parte mediante microfotografías en colores realizadas



Figura 4. Muestra de oruetita (= joseita) de Estepona (Málaga) en las colecciones históricas del Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid

Figure 4. Sample of oruetita (= joseita) from Estepona (Málaga province). Historical collections of the Geominero Museum, Spanish Geological Survey, Madrid

según una técnica suya, con empleo de placas autocromas (Orueta, 1912b).

También se integra plenamente en la vida científica nacional, alcanzado un alto grado de reconocimiento, tanto académico como profesional, por el conjunto de sus investigaciones. En 1916 es nombrado socio honorario de la Sociedad Malagueña de Ciencias, en 1918 le eligieron Presidente de la Sociedad Española de Física y Química, y en 1923 pasa a ser nuevo Presidente de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Ese mismo año ingresa en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, con un discurso sobre "la historia del microscopio y su aplicación en las Ciencias Naturales" (Orueta, 1923b). Ya era corresponsal de la Academia desde 1914, y su nombramiento se produ-

jo para ocupar la vacante dejada tras el fallecimiento de Rafael Sánchez Lozano (1854-1922). A las órdenes de Sánchez Lozano estaba trabajando en el Instituto Geológico de España, cuando se comenzó el proyecto del nuevo edificio de esta institución de la calle Ríos Rosas, cuya primera etapa de construcción se inició en 1919. Orueta fue el responsable de diseñar el Laboratorio de Microscopía, incluido en el proyecto de avance del edificio concebido por Rafael Sánchez Lozano y José M^a de Madariaga (Rábano, 2006).

En 1922 es nombrado subdirector del Instituto Geológico al ser ascendido a director César Rubio. En 1925, y tras dejar este último la presidencia del Instituto para asumir la presidencia del Consejo de Minería, le sucede en el cargo Orueta. Se da la circunstancia que fue el primer director en ser elegido por unanimidad de la Junta y no por nombramiento directo del ministerio. Durante los diez meses que estuvo al frente del Instituto continuó con sus trabajos y fue el responsable de avanzar en la preparación del XIV Congreso Geológico Internacional de mayo de 1926, cuya organización había asumido el organismo años atrás. Preparó, junto con su colaborador más estrecho, Enrique Rubio, un itinerario geológico por la Serranía de Ronda para el congreso, con el fin de enseñar a los congresistas también los yacimientos de platino (Orueta y Rubio, 1926), si bien no llegó a presidir los actos inaugurales, pues falleció súbitamente en la madrugada del 15 de enero de 1926. Tampoco tuvo la oportunidad de ver terminado su nuevo Laboratorio de Microscopía.

No queremos terminar esta aproximación biográfica de Domingo de Orueta sin hacer referencia a su segunda obra cumbre, "*Microscopía. Teoría y manejo del microscopio*", publicada por la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas y prologada por Santiago Ramón y Cajal (Orueta, 1923a). En ella recoge todo el conocimiento que había reunido en relación con el tema, habiendo realizado además importantes aportaciones a la óptica industrial, mejorando o inventando nuevos sistemas. Colaboró con las mejores casas europeas de óptica, como las de Carl Zeiss y Glastechnische Laboratorium (Jena) ó Watson & Sons y R. & J. Bech (Londres). A modo de ejemplo, y por no extendernos demasiado (para más detalle, ver Cortázar *in* Orueta, 1923b), en 1892 construyó un "aparato para microfotografía instantánea", cuya patente de invención cedió a la casa Carl Zeiss. Al Glastechnische Laboratorium le cedió en 1897 el descubrimiento del "sistema y del aparato para la investigación óptica del espato flúor", cuyo fin era determinar si los cristales eran o no aplicables a la construcción de lentes. Con la casa Carl Zeiss colaboró en el diseño de un

aparato para luz ultravioleta que se empleó en microscopía y que Orueta instaló en su laboratorio particular (Orueta, 1913, 1914). Además de ello, la mayor parte de sus trabajos sobre óptica precisaban de una montura de microscopio capaz de albergar diferentes objetivos, oculares, condensadores y demás elementos ópticos que no existían en el mercado. Es por ello que Orueta proyectó una nueva montura que satisfacía plenamente sus necesidades, y que fue construida en los famosos laboratorios del ingeniero Leonardo Torres Quevedo (1852-1936). Un microscopio de la casa Carl Zeiss, adquirido por Orueta el 28 de junio de 1911, se conserva actualmente en el Museo de Geología de la Universidad de Oviedo (Gutiérrez Claverol y Rodríguez Terente, 2005). En reconocimiento a toda su obra, y en especial a aquella relativa a la óptica industrial, la Universidad de Jena le nombró *Doctor Honoris Causa* en 1925.

Primeros avances en la fotografía de color

Los primeros intentos de realizar fotografías en color datan de principios del siglo XIX, pero están plagados de problemas técnicos que no se consiguen superar en el momento. No es hasta principios del siglo XX cuando la técnica logra poner en manos del público general productos comerciales que terminarán por hacer popular su uso.

Desde 1810 existen pruebas coloreadas basadas en las propiedades del cloruro de plata, que tiene no solo la capacidad de ennegrecerse en presencia de la luz, sino de colorearse cuando se expone detrás de cristales de colores (Crémier, 1911). A mediados del siglo XIX se obtuvieron fotografías en color aunque no existía aún la posibilidad de ser fijadas y, por tanto, de conservar la imagen.

Por fin, en 1861, el físico James C. Maxwell obtuvo la primera imagen fotográfica en color exponiendo tres placas idénticas pero interponiendo filtros coloreados, uno delante de cada placa. Una vez reveladas las placas, se proyectaban las tres imágenes en positivo, tras la inversión tonal de las matrices negativas y por separado, de modo que los colores primarios (rojo, verde y azul) se fusionaban para obtener cualquier color. Esta técnica se conoce como síntesis aditiva o como RGB: rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue). La mezcla de los tres primarios en la misma proporción, produce el blanco. Este sistema es muy utilizado en la actualidad en pantallas de televisión y monitores de ordenador: mezclando rojo y azul se obtiene magenta, combinando rojo y verde se genera amarillo y, con verde y azul, aparece el cian.

En 1869, Charles Cros y Louis Ducos du Hauron descubren otra técnica conocida como síntesis sustractiva, que no utiliza los colores primarios sino los secundarios (magenta, amarillo y cian), defendiendo que los pigmentos no producían colores por adición sino por sustracción, absorbiendo de la luz blanca todas las longitudes de onda excepto las de su propio color, las cuales reflejaban. El modelo de color mediante síntesis sustractiva se conoce como CMY: cian (Cyan), magenta (Magenta) y amarillo (Yellow). La mezcla de los tres secundarios, en la misma proporción, produce el negro. Este método es un sistema utilizado actualmente en artes gráficas e impresoras y resultó ser un sistema más evolucionado que el anterior pero menos práctico, porque además de superponer las tres placas, era necesario realizar otros varios procesos para llegar a la imagen final.

Los primeros logros a la hora de fotografiar y obtener un positivo directo en color tras el revelado con una sola toma, se produce a finales del siglo XIX. En esta época se comienzan a fabricar algunos tipos de placas que permiten obtener pruebas directas a color mediante distintos procesos (Lippman en 1892, Joly en 1893 o Ramón y Cajal en 1906) utilizando emulsiones de bromuro de plata en gelatina sobre líneas coloreadas o retículas de formas muy diversas que actúan como filtros (algunos ejemplos de marcas comerciales son Warner-Porie, Krayn, Tames y Finlay). Algo más tarde se comercializaron otras placas con retículas complejas a base de mosaicos policromos basados en distintos procesos fotográficos, como las de Jouglé en 1907 (omnicolor), Dufay en 1909 y Paget en 1913, aunque aún resultan excesivamente caras (Portolés, 2004). Todas ellas son fácilmente identificables observando las placas bajo la lupa de 10 aumentos (Coe, 1978).

Dentro de este ambiente de ralentizado avance, en 1907 aparecen en el mercado las placas autocromas de los hermanos Auguste y Louis Lumière, patentadas previamente en 1904. Este método revolucionó el mercado ya que el proceso era sencillo y eficaz, lo que prolongó su uso hasta los años 30. La ventaja fundamental de las placas autocromas, además de convertirse en un método directo de obtener transparencias positivas en color, era la reducción de los tiempos de exposición (pocos segundos) y la alta definición obtenida. No obstante, las de mejor resolución, aunque no llegaron a comercializarse, fueron las obtenidas por Ramón y Cajal a principios del siglo XX de forma experimental, tiñendo fibras de seda y lana con los colores fundamentales y logrando una retícula microtómica con una resolución de 8 μm y una mayor luminosidad (Ramón y Cajal, 1912).

La técnica de las placas autocromas o autocromá-

ticas (Orueta, 1912b) está basada en la síntesis aditiva, empleando una sola placa sensible de bromuro de plata y un mosaico de filtros aditivos compuesto por una mezcla de gránulos de almidón de patata coloreados. Aunque en la síntesis aditiva los colores básicos considerados son el rojo, el verde y el azul, cada color necesita tiempos muy distintos para impresionarse, por lo que las fotografías obtenidas tenían colores algo desviados de la realidad, de ahí que se tardasen aún unos años en teñir con los colores precisos y en la proporción adecuada hasta llegar a producir una imagen final muy fiel al original.

Las placas que podían adquirirse en el mercado estaban compuestas esencialmente por tres elementos: a) soporte de vidrio, b) pantalla de selección, y c) emulsión (Fig. 5):

a) El soporte de vidrio (Fig. 5.1), aunque de un grueso variable necesitaba un espesor mínimo para manipularse con seguridad, mayor cuanto más grande fuera la superficie de la placa. Las dimensiones más comunes de las placas oscilaban entre 5,7 y 20 cm de ancho y entre 8,2 y 25 cm de largo, con grosores comprendidos entre 1 y 2 mm.

b) La pantalla de selección está formada por un conjunto de granos de almidón (fécula de patata pequeña sin madurar; Ost, 1911) de 10 a 15 μm , teñidos por inmersión en los distintos colores primarios (rojo, verde y azul, corregidos hacia el rojo-anaranjado, verde y violeta, en una proporción de 5/8/7 respectivamente) que actúan como filtros (Fig. 5.4 y Fig. 6 izquierda). Los granos se espolvoreaban sobre el soporte utilizando un producto adherente (barniz con base látex) mediante un procedimiento mecánico (Fig. 5.4). Para cubrir una placa de 13x18 cm era necesario fijar unos 140 millones de granos coloreados (Portolés, 2004). Sobre éstos se añadía una capa de carbón (Fig. 5.3) y se laminaba el conjunto para obtener el mínimo espesor y la máxima transparencia. Posteriormente se aplicaba una tenue capa de barniz protector [resina dammar+nitrato de celulosa (Lavendrine, 1993) o resina dammar+bencina cristalizada (Lumière y Jouglu, sin fecha)] (Fig. 5.5).

c) La emulsión sensible de bromuro de plata en gelatina se sitúa sobre la pantalla de selección (Fig. 5.6).

Una vez realizada la fotografía, el propio autor protegía la emulsión para evitar erosiones y lograr la máxima estanqueidad. La protección de la emulsión se realizaba aplicando una capa de barniz (Fig. 5.7) o bien adhiriendo una delgada lámina de vidrio (siempre con un grosor aproximado de 1 mm) (Fig. 5.8).

Con el mismo fin, podía sellar los bordes con un encintado perimetral, generalmente de cinta de papel negro engomado (Fig. 5.9).

La colección de placas autocromas (tricomías) de Domingo de Orueta

Orueta fue pionero en España en la realización de microfotografías directas con luz polarizada en secciones delgadas de rocas. Las primeras publicaciones que realizó sobre el tema obtuvieron una rápida respuesta por parte de algunos de sus colegas (Faura, 1916, 1917, 1918), promoviéndose de este modo la

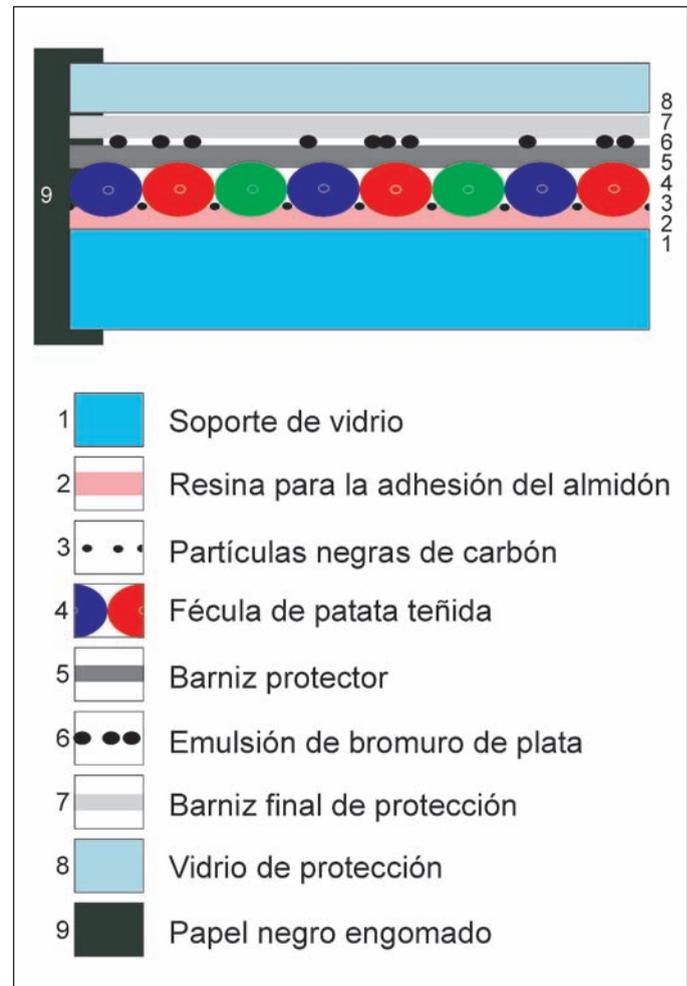


Figura 5. Sección esquemática del borde de una placa autocroma. El esquema no está escalado para una mejor visualización de los diferentes elementos que componen la placa. Modificado de Cartier-Bresson y Sirven (2002)

Figure 5. Schematic section of the border of an autochrome plate. Not to scale for a better comprehension of the elements of the plate. Modified from Cartier-Bresson & Sirven (2002)

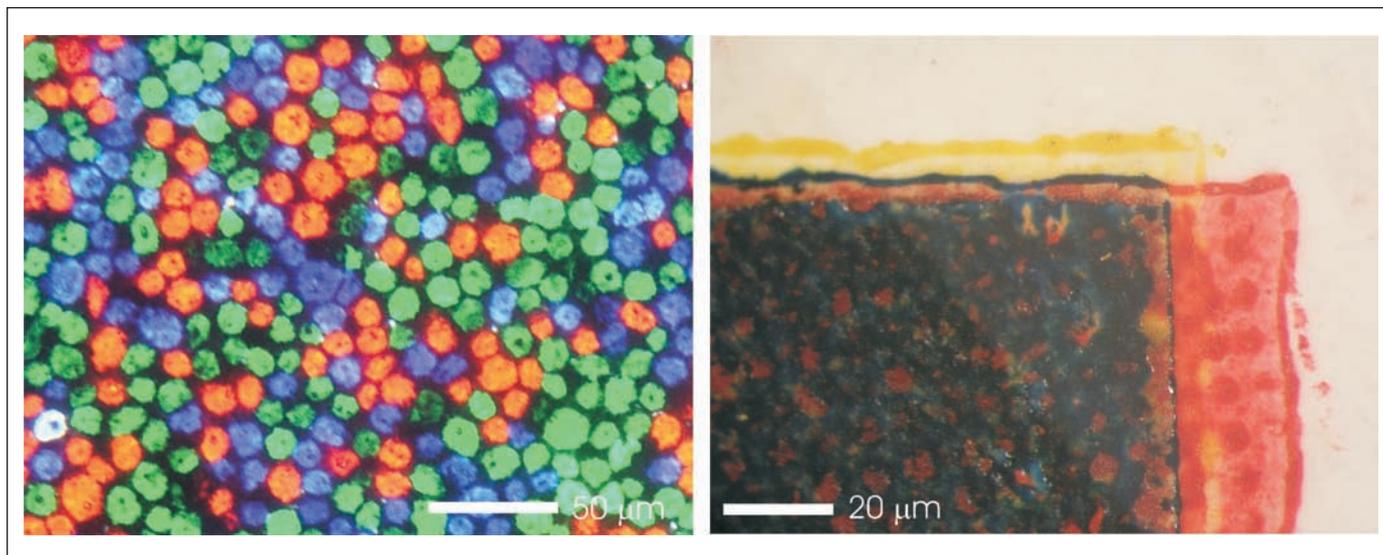


Figura 6. Izquierda, imagen obtenida en la pantalla de selección de una placa autocroma, donde puede observarse los granos de almidón coloreados. Derecha, detalle de la impresión final en papel a partir de procedimientos mecánicos. Se trata de una de las imágenes figuradas por Orueta (1917: Lám. XII, Fig. 2). Puede observarse la impresión tricrómica, gracias a un pequeño desfase de las tres impresiones correspondientes a los colores complementarios

Figure 6. Left, image from a selection screen of an autochrome plate, figured by Orueta (1917: Pl. XII, Fig. 2); note the coloured starch grains. Right, detail of the final print in paper. It can be appreciated the three-color print because of a small gap of the three printings of the complementary colors

creación de laboratorios de microfotografía científica (Aragonés, 1981).

Como se comentó anteriormente, el descubrimiento de platino, cromo y níquel en Málaga en 1915, condujo a Orueta a la realización de un estudio detallado en la Serranía de Ronda que fue publicado dos años más tarde (Orueta, 1917). El trabajo incorpora 16 láminas a todo color con las imágenes microscópicas, además de cortes y mapas geológicos. Una buena parte de la colección de placas autocromas (47 placas) conservada en el museo contiene los "negativos" originales utilizados en la impresión de las láminas de este trabajo. Este no es el único trabajo donde Orueta utilizó las placas autocromas como soporte fotográfico para figurar imágenes microscópicas: en su trabajo geológico realizado en la Sierra de

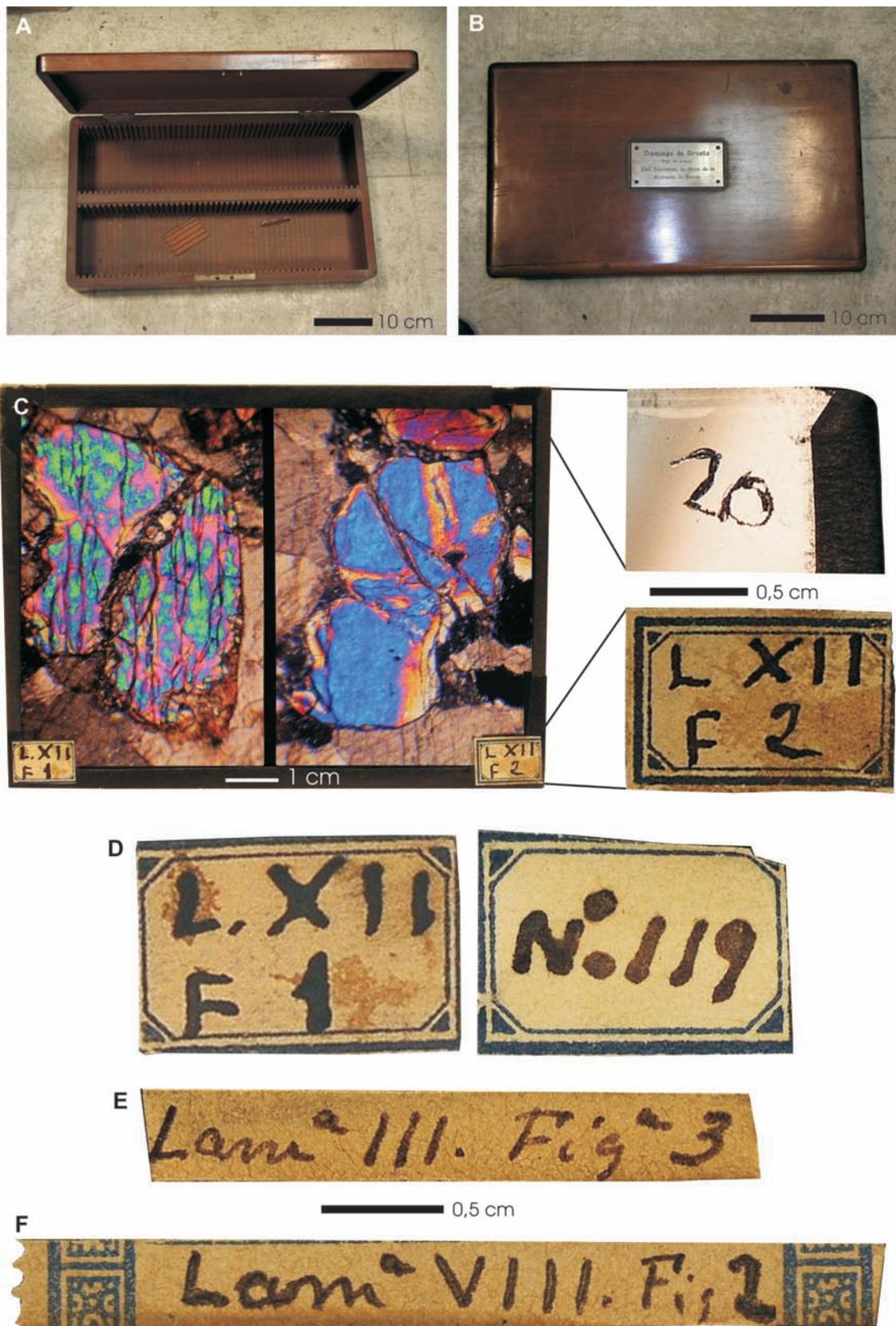
Almijara (Orueta, 1922), incluye 20 láminas a color. Se han cotejado estas imágenes con las presentes en la colección de placas del museo y no se han encontrado coincidencias.

Antes de realizar las fotografías y para asegurarse de la fidelidad del color, Orueta medía con el espectroscopio la longitud de onda de cada color, primero en la roca y luego en la placa fotográfica. Lógicamente necesitó utilizar tiempos de exposición más largos de los utilizados habitualmente en exteriores (hasta 3 minutos), tanto con luz paralela como polarizada (Orueta, 1912b; Orueta, 1917).

En esta época aún no existía el papel para revelar las fotografías en color, por lo que una vez impresionada la placa autocroma, comenzaba la ardua labor de obtener un original con las imágenes impresas en

Lámina 1. AB: Caja de madera original realizada en la época para el almacenaje de las placas autocromas. A, puede observarse las dos series de ranuras donde se insertan las placas. B, tapa de la caja con la placa metálica original. C: Placa autocroma de la colección Orueta. Se resalta la numeración grabada en el ángulo superior derecho (nótese el encintado perimetral de cinta de papel negro engomado) y la etiqueta manuscrita, adherida en el ángulo inferior derecho. Ambas imágenes fueron figuradas por Orueta [1917, Lám. XII, Fig. 1 (izquierda) y Lám. XII, Fig. 2 (derecha)]. DEF: Etiquetas adheridas a las placas autocromas de la colección Orueta. D, dos ejemplos de etiquetas de tipo A. La etiqueta derecha es la única que contiene la numeración grabada en su correspondiente placa; E, etiqueta de tipo B; F, etiqueta de tipo C

Plate 1. AB: Original Orueta's wooden box for the storage of the autochrome plates. A, note the two lines of grooves where the plates are inserted. B, box cover with original metallic nameplate. C: Orueta's autochrome plate. The collection number engraved in the upper right corner of the right plate has been magnified as well as the handwritten label of the lower right corner. Note the perimetral band of glued black paper. Both images have been figured by Orueta [1917, Pl. XII, Fig. 1 (left) and Pl. XII, Fig. 2 (right)]. DEF: Sticked labels in Orueta's collection of autochrome plates. D, two samples of type A label; E, type B label; F, type C label



papel y, con él, suministrar a la imprenta el material necesario para realizar la edición. Este original podía obtenerse de dos maneras: a) proyectando la imagen de la placa sobre un papel y copiando manualmente los perfiles y los colores; y b) aplicando un positivo débil de una placa ordinaria en blanco y negro, e iluminándola o coloreándola manualmente. Con este método se evita dibujar manualmente los perfiles, pero implica la realización de dos fotografías de la misma imagen, una en color y la otra en blanco y negro. Una vez en la imprenta, se obtienen las copias de las láminas imprimiendo mecánicamente primero una plancha con el amarillo, después y encima de la anterior, otra con el magenta y por último una con el cian. La unión de las planchas con los colores complementarios de las placas autocromas genera las imágenes o tricomías, que pueden observarse impresas en las láminas (Orueta, 1912b) (Fig. 6 derecha).

Las placas se encuentran en una caja de madera realizada con las medidas adecuadas para albergar este formato de negativos (Lám. 1, figs. A-B). La caja tiene una buena factura, con uniones de cola de milano y barnizada en el exterior. Sus dimensiones son: 51,5x30x10,5 cm. En su interior se encuentran dos series de ranuras verticales (de 5 mm de anchura) donde pueden encajarse 50 placas en cada serie. En la parte externa de la tapa existe una placa metálica de hierro niquelado con una leyenda grabada y tinta en la que puede leerse:

Domingo de Orueta

Ing^o de minas

Cien tricomías de rocas de la Serranía de Ronda

Se conservan 78 placas autocromas o tricomías, para las que utilizó el material comercializado por A. Lumière & ses Fils (1911-1919) o bien Lumière & Jouglé (1913-1930). La mayor parte de las placas (77) tiene un tamaño de 9x12 cm y en cada una se pueden encontrar representadas una o dos imágenes microscópicas. La placa restante mide 6x9 cm y presenta una sola imagen. La emulsión se encuentra protegida por una delgada placa de vidrio y, además, los bordes del conjunto final (soporte, pantalla, emulsión y lámi-

na de protección) están protegidos con un encintado perimetral de cinta de papel negro engomado. El grosor del conjunto final oscila entre 2,5 y 3 mm. En ocho placas se han detectado defectos de fabricación de los vidrios utilizados para la confección de las placas. Se trata de burbujas, generalmente alargadas, que tienen un tamaño medio de 1 mm.

Las placas presentan una numeración grabada en el vidrio y situada en los ángulos superiores, correspondiente a cada una de las dos imágenes de cada placa. Solo en una de las placas no aparece numeración alguna. Además, algunas de éstas presentan etiquetas adheridas en sus ángulos inferiores, donde se puede leer una leyenda correspondiente, en muchos casos, a las figuraciones del trabajo original (Orueta, 1917) (Lám. 1, fig. C). Hay tres tipos de etiquetas:

Tipo A: Las etiquetas son rectangulares (8x13 mm) y tienen un borde azul oscuro también rectangular. Hacia el interior se encuentra un octógono de trazo fino que se ajusta al rectángulo, dejando espacio entre ambos para cuatro pequeños triángulos situados en cada esquina. Todo este conjunto está impreso en el mismo color azul (Lám. 1, fig. D).

Tipo B: Etiquetas rectangulares sencillas, sin decoración, consistiendo en un papel recortado (tamaño medio: 20x5 mm) (Lám. 1, fig. E).

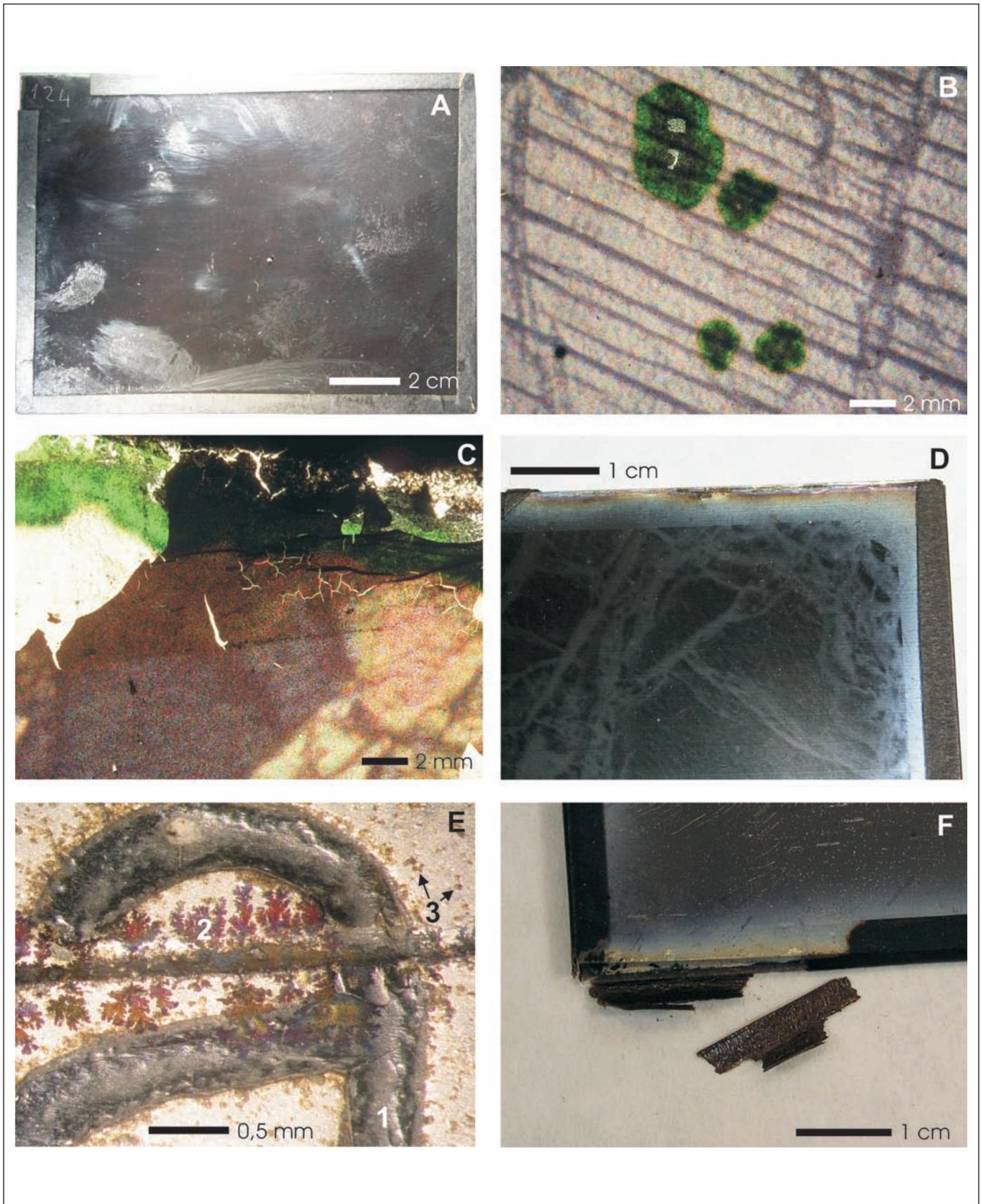
Tipo C: Etiqueta similar a las anteriores, pero más alargada (tamaño medio: 35x5 mm) y con cenefa decorada en azul oscuro con bordes serrados. Esta cenefa consiste en rectángulos con motivos geométricos en su interior (Lám. 1, fig. F). Cada etiqueta esta parcialmente recubierta en uno de los laterales por el encintado perimetral.

Estado de conservación

La colección fue descubierta en los fondos del museo en febrero de 2007, concretamente en los armarios del pasillo de entrada. Aunque se desconoce el tiempo exacto que ha permanecido en esta ubicación, suponemos que éste ha de ser mayor de 30 años e

Lámina 2. A: Imagen de una de las placas autocromas donde puede apreciarse el alto grado de suciedad de la misma. En este caso se observan huellas dactilares y restos de adhesivos. B: Punteadura verde debida a la alteración de una burbuja presente en el barniz original. C: Craquelado de la emulsión y pantalla de selección en el borde de una de las placas, debido a una rotura lineal original. D: Espejos en los bordes de una de las placas autocromas, debidos a la oxidación-reducción de la plata metálica de la emulsión. E: Alteraciones producidas en la leyenda de la placa de hierro niquelado insertada en la tapa de la caja original de las tricomías. 1, grabado de la leyenda con la tinta original perdida parcialmente; 2, dendritas de óxidos a ambos lados de uno de los arañazos que afectan a la placa; 3, pequeñas picaduras de corrosión. F: Detalle de la mala conservación del papel negro perimetral adherido a las placas

Plate 2. A: Highly dirty autochrome plate with fingerprints and adhesive remains. B: Green points due to the alteration of an air bubble in the original polish of the plate. C: Crackle of the emulsion and selection screen in the border of a plate due to an original lineal breakage. D: Mirrors in a plate border produced by the oxidation-reduction process of the metallic silver of the emulsion. E: Changes in the plated iron plate of the cover of the original box of the autochrome plates. 1, original ink of the legend partially lost; 2, oxide dendrites in both sides of one of the scratches that concern the plate; 3, small corrosion pits. F: Detail of the bad conservation of the black perimetral paper adhered to the plates



incluso podría haber permanecido en los armarios desde la instalación de estos en la tercera década del siglo pasado. En el momento del hallazgo se perfila el plan de catalogación, conservación y documentación de la colección y poco después se comienza a ejecutar el mismo.

A la hora de evaluar el estado de conservación de la colección, se tratarán por separado los aspectos relacionados, por una parte, con las placas autocromas y, por otra, con el recipiente original de almacenamiento, es decir la caja de madera original.

Estado de conservación de las placas autocromas

Teniendo en cuenta la sensibilidad de estos elementos fotográficos ante diferentes agentes de deterioro, el estado de conservación de las placas es bastante bueno. Las placas se encontraron muy sucias en superficie, con gran cantidad de polvo, restos de un material blanco sin identificar, abundantes huellas dactilares y manchas de adhesivos (Lám. 2, fig. A). Algunas placas presentan roturas en el vidrio de poca importancia, sin pérdida de fragmentos ni de imagen.

Tanto la pantalla de selección como la emulsión son elementos muy sensibles, susceptibles de alterarse con facilidad a lo largo del tiempo. Por tanto, la protección o aislamiento que recibieron por parte del autor fue trascendental para su correcta conservación. En nuestro caso, la protección ha sido muy efectiva ya que la emulsión se encuentra adherida a un vidrio, lo que ha evitado la aparición generalizada de craquelados (redes de microfracturación) producidos por procesos de contracción.

Durante la fabricación o el revelado de las placas, pudieron producirse defectos (Lumière y Jouglu, sin fecha). Así, las placas defectuosas son más susceptibles de alterarse con el tiempo que las placas libres de defectos. En estas últimas, puede llegar a producirse la pérdida parcial o total de la imagen. Los defectos más comunes son burbujas de aire atrapadas en el barniz durante su aplicación y roturas o dobleces en la emulsión y/o en la pantalla de selección, producidas durante el revelado. Las burbujas se alteran químicamente con el tiempo, produciéndose pequeños cráteres o punteaduras (1-2 mm) de intenso color verde. Este tipo de alteración solo afecta a un pequeño número de placas (5%) (Lám. 2, fig. B). No se han observado roturas ni dobleces importantes ni en la pantalla ni en la emulsión, salvo en un caso (10417-O) donde una rotura lineal paralela al borde de una de las placas ha ocasionado el craquelado de estos elementos (Lám. 2, fig. C).

Otra alteración que puede afectar comúnmente a la imagen final de plata metálica contenida en la emulsión son los procesos de óxido-reducción. Los originales realizados con la emulsión de gelatina y con bromuro de plata son muy susceptibles de transformarse en un ambiente con fuertes cambios de humedad relativa. Este proceso genera espejos (también conocidos como espejo de plata) y conlleva a veces desvanecimientos de imagen, pérdida de detalle o cambio de color. Aun así, el desarrollo de esta alteración es más lento en las placas autocromas que en otros soportes fotográficos, ya que la emulsión está protegida por una capa de barniz (Fuentes y Robledano, 1999).

Además de proteger la emulsión con una capa de barniz, Orueta adhirió en su momento una delgada lámina de vidrio, por lo que su estado actual es relativamente bueno. No obstante, el papel engomado perimetral que protege el conjunto de la placa presenta un estado de conservación variable. En algunos casos se conserva íntegramente, si bien en la mayoría de las placas ha perdido su capacidad adhesiva, lo que ha condicionado su rotura parcial y la pérdida de numerosos fragmentos (Lám. 2, fig. F). Esto ha provocado la generación de espejos en los bordes de las placas que han perdido la protección del papel engomado, ya que en estas zonas la plata contenida en la emulsión ha quedado más expuesta a los agentes ambientales, pasando de forma coloidal a forma iónica, migrando y depositándose en la superficie como plata metálica (Lám. 2, fig. D).

Estado de conservación de la caja original

La caja de madera se encuentra en buen estado aunque después de su hallazgo presentaba una gran cantidad de polvo en el interior. También se observan algunos pequeños deterioros: fracturas abiertas en la madera de la base y de la tapa, así como parte de los separadores de madera desprendidos.

La placa metálica de la tapa que muestra la leyenda grabada y tintada, presenta una buena legibilidad. No obstante, la observación con lupa binocular del grabado muestra que la tinta ha sido parcialmente removilizada, ya que se encuentran sectores con la tinta completa, sectores donde ha desaparecido completamente y otras zonas donde aparece sólo parcialmente (Lám. 2, fig. E1). Esto es debido, probablemente, a procesos de solubilización y redeposición de la tinta por el uso reiterado e indebido de sustancias limpiametales. Se observan también arañazos de diferentes grosores ($\approx 0,5$ mm) que afectan a la leyenda.

da y que presentan abundantes precipitados con morfologías dendríticas a ambos lados de la línea arañada (Lám. 2, fig. E2). Cuando se produjeron los arañazos, se eliminó un surco del baño de níquel, penetrando hasta el hierro de base, lo que produjo la oxidación del mismo y la precipitación de los óxidos o hidróxidos de hierro con morfologías dendríticas a los dos lados del arañazo. En la formación de estas dendritas pudo intervenir, además, la alteración de la tinta de la leyenda. También se observan abundantes picaduras de pequeño tamaño (0,1- 0,3 mm) que contienen productos de corrosión de color verdoso (Lám. 2, fig. E3).

Tratamiento de restauración

De acuerdo con el estado de conservación de la colección, era necesario acometer algunas intervenciones de restauración. Inicialmente, se eliminó el polvo y la suciedad no adherida de las placas con un microaspirador. Las manchas más adheridas se eliminaron utilizando un bisturí. Posteriormente, se llevó a cabo una limpieza superficial con alcohol metílico puro, bastoncillos y torundas de algodón sin contactar en

ningún momento con el papel engomado. Por último, se repasaron las placas con alcohol etílico diluido al 70%.

Al igual que las placas, se aspiró y se limpió con aire a presión y brochas, tanto el interior como el exterior de la caja de madera. A continuación se limpió la caja superficialmente con algodón embebido en agua y jabón neutro. Las fracturas de la madera se encolaron con acetato de polivinilo y se rellenaron con Araldit madera, aplicando una capa de intervención previa de Paraloid B-72. Finalmente se protegió el interior de la caja con una capa de goma-laca diluida con el fin de impermeabilizarla. La placa metálica niquelada de la caja se sometió a una limpieza mecánica con algodón de acero (Liberon nº 0000) y xileno, eliminando de este modo los restos de limpiametales, así como los productos de alteración. La placa se protegió con Inralac (resina acrílica Acryloid B-44 con benzotriazol y estabilizador de rayos UV).

El papel engomado desprendido exige un trabajo lento y metódico, imprescindible para la conservación de la colección ya que aísla del exterior el área sensible de cada placa. Se ha reforzado el papel engomado con una cinta adhesiva transparente sin eliminar la cinta original. La cinta elegida para el sella-

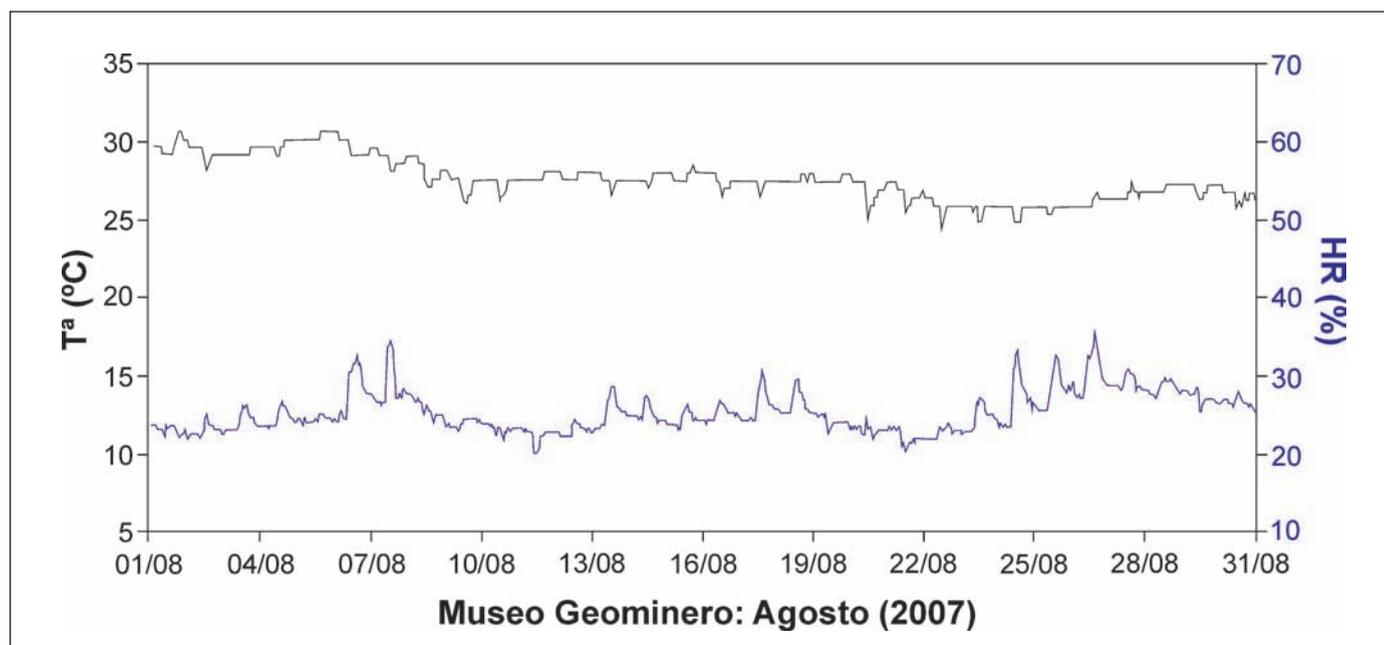


Figura 7. Variación de la Temperatura (T^a) y la Humedad Relativa del Aire (HR) durante el mes de agosto de 2007 en los cajones del pasillo de entrada del Museo Geominero, donde se conserva la colección Orueta. Los datos se han obtenido con un sistema de monitorización automático Hanwell

Figure 7. Range of Temperature (T^a) and Relative Humidity (HR) during August 2007 in the drawers of the Geominero Museum where the Orueta collection is kept. Data obtained with a Hanwell automatic monitor system

do ha sido Filmoplast P-90, adecuada según la prueba de actividad fotográfica PAT (Photographic Activity Test, ISO Estándar 18976).

Conservación preventiva

Como medidas de conservación preventiva, necesarias para la preservación de este importante patrimonio geológico mueble protegido por la Ley de Patrimonio Histórico Español (Ley 16/1985, título VII, Cap. I., art. 48, apt. 1 y 2; art. 50, apt. 2), hemos adoptado las siguientes: a) Control de las condiciones ambientales; b) colocación en un nuevo soporte; c) digitalización de las fotografías; d) señalización del contenido de la caja, y e) medidas de seguimiento y control.

Las condiciones ambientales óptimas más aceptadas para la conservación de placas autocromas son las siguientes: entre el 30 y el 40 % de humedad relativa del aire (HR), con oscilaciones diarias no mayores del 5%; una temperatura (T^a) no superior a 20°C, con oscilaciones diarias no mayores de 2°C y en ausencia de luz. Las placas son especialmente sensibles a la HR y a la luz: por debajo del 30% de HR, el interior de las mismas puede contraerse, aumentando la fragilidad mecánica que puede conducir a una microfracturación. Por encima del 40% aumenta el riesgo de colonización biológica y por encima del 50%, además, se forman los espejos de plata en la emulsión (CCA, 2003; Roosa, 2004). Respecto a la luz, las placas no deberían superar en ningún caso los 50 lux de iluminación ni los 75 μ vatios/lumen de radiación ultravioleta (Krause, 1995), ya que cuando se exponen continuamente a valores superiores, los colores empiezan a desvanecerse: primero el azul, luego el rojo y por último el verde.

Se han registrado los valores de T^a y HR del armario donde se han conservado las placas, dado que este lugar no estaba monitorizado debido a la supuesta ausencia de material de interés. Los valores se han obtenido en el mes de agosto de 2007, por lo que pueden corresponder con valores anuales máximos de T^a y mínimos de HR. La T^a oscila entre 24 y 30 °C, con variaciones máximas diarias de 4°C. La HR varía entre 20 y 36%, con oscilaciones máximas diarias del 12% (Fig. 7).

Las condiciones medidas en los cajones del pasillo de entrada del museo no encajan completamente en los rangos óptimos considerados anteriormente. La T^a es algo mayor que la óptima y la HR algo menor. Aún así, el buen estado de la colección indica que el lugar donde se ha encontrado es adecuado para su posterior conservación en fondos.

Cada placa se guarda individualmente en fundas de acetato de celulosa (marca Print). Se ha considerado la posibilidad de conservarlas en cajas de polipropileno o cartón neutro realizadas a la medida del conjunto de placas, aunque se ha optado por su envase original, donde se han conservado de forma aceptable hasta su localización.

Se han digitalizado en alta resolución (formato de archivo: jpg; 543x2.563 píxeles; 300x300 puntos por pulgada) todas las imágenes que aparecen en las placas autocromas. Para ello, se ha empleado una cámara digital con macro que ha registrado las imágenes gracias a la incidencia de una luz neutra en la parte posterior de cada placa. Este sistema ha resultado más eficaz que el escaneado, ya que aporta mayor luminosidad y una mayor velocidad en el proceso. Mediante la digitalización se puede consultar la imagen sin intervenir directamente en el original, evitando así el riesgo de pérdida, roturas o alteraciones.

La señalización de la caja de madera se realiza utilizando carteles que indiquen las características del material ("frágil, vidrio" y "pesado"), siguiendo las recomendaciones internacionales para el archivo de placas de vidrio fotográficas (IPI: International Preservation Issues e IFLA-PAC: Preservation and Conservation).

En cuanto a la manipulación y medidas de seguimiento y control posteriores hay que hacer notar que habrá que manejar las placas con precaución y manipularlas lo menos posible y siempre con guantes de algodón muy limpios con el fin de no manchar la superficie del vidrio. La observación de zonas de riesgo en las placas y su comparación posterior con fotografías fechadas, permitirá conocer si existen cambios o alteraciones preocupantes.

Catálogo

Debido a que una buena parte de las placas contienen dos imágenes, para realizar la catalogación de la colección se han considerado primero los datos referidos a las placas y después los referidos a las imágenes.

En primer lugar, se incluye un número de inventario del museo para cada placa autocroma. A continuación, se referencian los datos de calidad y estado de conservación de los ejemplares. Así, en los casos en que las placas presentan defectos en el vidrio (burbujas) se anexa un asterisco entre paréntesis (*). El estado de conservación de cada placa se refleja utilizando un código numérico, también entre paréntesis: (1): vidrio con roturas; (2): alteración química de la pantalla de selección y de la emulsión; (3): huellas de

reducción de Ag en los bordes de la emulsión; (3⁺): huellas de reducción de Ag en los bordes y en el interior de la emulsión.

Y por último, se reflejan los datos referidos a cada una de las dos imágenes de la placa. Cada una tiene asignado un número grabado en el vidrio de los ángulos superiores y algunas, una leyenda manuscrita en etiquetas de papel adheridas (de tipo A, B o C), situada en los ángulos inferiores. Se cita en primer lugar, y en negrita, el número grabado y después se refleja la leyenda manuscrita, correlacionable en algunos casos con las imágenes figuradas en las láminas de la publicación original (Orueta, 1917). Cuando se ha verificado esta correlación se incluye la palabra "figurada". En el último carácter de esta leyenda se incluye un superíndice indicando el tipo de etiqueta.

Si la placa contiene una sola imagen, sólo se referencia un número grabado, salvo en una placa que no presenta numeración alguna, que se sitúa al final del catálogo.

10361-O. (3). **1**: L. XV, F. 2^A, figurada, etiqueta en reverso **2**.

10362-O. (3). **3. 4**. Esta placa es la única estereográfica de la colección.

10437-O. (3⁺). **5**: (L. XV, F. 2^A), figurada.

10363-O. (*). (3). **7**: L. XV, F. 3^A, figurada. **8**.

10364-O. (3). **10**.

10365-O. (3). **12**.

10366-O. (3). **13**. La imagen esta dividida por la mitad.

10367-O. (3). **15**.

10368-O. (3). **16. 17**.

10369-O. (3). **19**: L. XII, F1^A, figurada. **20**: L. XII, F2^A, figurada.

10370-O. (1)(3). **21**: L. XI, F2^B, figurada. **22**.

10371-O. (3). **23**.

10372-O. (3). **24**.

10373-O. (2)(3). **26**.

10374-O. (1)(3⁺). **27**: L. XIV, F. 4^B, figurada. **28**

10375-O. (*). (3⁺). **29**: L. XVI, F. 3^B, figurada. **30**: L. XVI, F.4^B, figurada.

10376-O. (3). **31**.

10377-O. (3⁺). **32**: L. XI, F. 4^A, figurada. **33**: L. XI, F. 3^A, figurada.

10378-O. (3). **34**.

10379-O. (3). **36**: L.V., F. 1^A, figurada.

10380-O. (3). **37**.

10381-O. (3⁺). **38**.

10382-O. (3). **40**.

10383-O. (3). **42**.

10384-O. (*). (3). **43**.

10385-O. (3). **44**.

10386-O. (3). **46. 47**.

10387-O. (3). **48. 49**.

10388-O. (3). **51**.

10389-O. (3). **52**.

10390-O. (3). **53**: L. XVI, F. 5^A, figurada. **54**: L. XVI, F. 6^A, figurada.

10438-O. (2). **56**.

10391-O. (*). (3). **58. 59**: L. XV, F. 6^A, figurada.

10392-O. (3). **64**.

10393-O. (1)(3). **65**: L. XVI, F. 2^B. **66**.

10394-O. (3). **67. 68**.

10395-O. (1)(3). **69. 70**: Lam^a III, Fig^a 3^B, figurada.

10396-O. (1)(3⁺). **72**: L. XIV, F. 5^A, figurada. **73**: L. XIV, F.6^A, figurada, en L. X, F. 6

10397-O. (1)(3⁺). **74**: L. XII, F. 3^B, figurada. **75**: L. XII, F. 4^B, figurada.

10398-O. (3). **76**: L. XII, F. 5^A, figurada. **77**: L. XII, F. 6^A, figurada.

10399-O. (1)(3). **78**: L. XIII, F. 4^B, figurada. **79**.

10400-O. (3). **80**.

10401-O. (3⁺). **81**.

10402-O. (2)(3⁺). **82**.

10403-O. (3). **83**.

10404-O. (3). **84**.

10405-O. (1)(3). **85**: L. XIII, F. 3^B, figurada. **86**.

10406-O. (3). **87**: L. XI, F. 5^B, figurada. **88**: L. XI, F. 6^B, figurada.

10407-O. (1)(3⁺). **89. 90**: L. XV, F. 1^A, figurada.

10408-O. (3). **91. 92**.

10409-O. (3). **93**.

10410-O. (3). **94. 95**.

10411-O. (3). **97. 98**.

10412-O. (2)(3). **99**.

10413-O. (3⁺). **100**: L. XV, F. 4^A.

10414-O. (3). **101**.

10415-O. (3). **102**: L. XI, F. 1^A, figurada. Placa pequeña de 6x9 cm.

10416-O. (2)(3⁺). **103. 104**.

10417-O. (2)(3⁺). **106**: Lam^a VIII, Fig. 4^A, figurada.

10418-O. (3). **107**.

10419-O. (1)(3⁺). **110**: L. XIV, F. 3^A, figurada. **111**.

10420-O. (1)(3⁺). **112. 113**: L. XIV, F. 6^A, figurada.

10421-O. (3). **114**: Lam^a XVI, Fig. 2^B, figurada. **115**, Lam^a VIII, Fig. 3^B, figurada

10422-O. (3). **116**: L. X, F. 5^A. **117**, figurada.

10423-O. (2)(3). **118**.

10424-O. (*). (3). **119**. En esta placa se repite la numeración grabada en una etiqueta de tipo A.

10425-O. (*). (2)(3). **120**.

10426-O. (3). **121**: L. IX, F. 3^A, figurada. **122**: L. IX, F. 4^A, figurada.

10427-O. (2)(3). **123**.

10428-O. (2)(3). **124**, figurada.

10429-O. (3). **126**: L. XIII, F. 6^A, figurada. **127**: L. XIII, F. 5^A, figurada.

10430-O. (3). **128**: L. XIII, F. 1^A, figurada. **129**: L. XIII, F. 2^A, figurada.

10431-O. (3). **130:** Lam^a VIII, Fig. 2^c, figurada. **131:** Lam^a. VIII, Fig. 1^c, figurada.

10432-O. (3). **132:** L. IX, F. 5^A, figurada. **133:** L. IX, F. 6^A, figurada.

10433-O. (*). (3). **137:** L. IX, F. 1^A, figurada. **138:** L. IX, F. 2^A, figurada.

10434-O. (1)(3). **139:** L. X., F. 2^A, figurada. **140.**

10435-O. (3). **141:** L. X, F. 4^A, figurada. **142:** L. X, F. 3^A, figurada.

10436-O. (3). **145:** L. XV, F. 4^A, figurada. **146:** L. XV, F. 5^A, figurada.

Documentación: gestión informática de la colección

El almacenamiento digital de todos los datos relacionados con las placas autocromas se ha realizado en la base de datos del Museo (entorno CLIENTE/SERVIDOR almacenado bajo el Sistema Gestor de Base de datos Relacional SQL Server 2000), mediante la aplicación que se utiliza actualmente para gestión de fósiles y minerales. Esta aplicación se ha realizado en lenguaje de programación con interfaz gráfica, Visual Basic, para su correcto funcionamiento en entorno Windows. A ésta se le ha añadido un módulo denominado "Ficha de Placas Autocromas" desde el cual se realizará toda la carga de datos de las fichas correspondientes a cada placa.

También se ha creado una nueva tabla (que hemos denominado "Placas_Autocromas") en la base de datos y una nueva pantalla dentro de la aplicación del Museo para la entrada de datos y la consulta. La tabla está compuesta por 11 campos (Fig. 8), que se referencian entre paréntesis tal y como aparecen en la tabla:

(*N_Museo*). Número de inventario Museo. Se trata de un campo numérico donde se almacena el número de inventario dentro del museo.

(*N_Vidrio*). Número grabado en el vidrio. Es un campo alfanumérico (números o letras) donde se almacena los números que aparecen grabados en los vértices superiores del vidrio de cada placa. En este campo pueden aparecer varios valores o ningún valor, dependiendo de que la lámina tenga o no el número grabado.

(*N_Etiqueta*). Número de etiqueta de papel en las láminas. Este campo también es alfanumérico, ya que en las etiquetas de papel adheridas a las placas aparecen los dos tipos de caracteres. Como en el caso anterior, el campo puede o no contener valores.

(*N_Fotos*). Número de fotos. Se trata de un campo numérico donde se indica si la lámina contiene una o dos imágenes. Se almacena así el número de fotos de la lámina (1 o 2).

(*Identificación_Publi*). Identificación en la publicación. En este caso se trata de un campo booleano (si/no), que refleja si una o las dos imágenes de la lámina han sido figuradas en la publicación original (Orueta, 1917).

(*N_Pagina*). Número de página. Es un campo numérico donde se indica el número de la página de la publicación original donde se encuentra figurada alguna imagen de la placa.

(*Defecto_V*). Defecto vidrio. Campo alfanumérico donde se incluyen los defectos originales observados tanto en el vidrio de base como en el de protección.

Para incorporar los datos referidos al estado de conservación se emplean dos campos diferentes:

(*Conserv_Q*). Conservación química. Es un campo alfanumérico donde se almacenan los datos referidos a los deterioros de índole química.

(*Conserv_F*). Conservación física. También en este caso es un campo alfanumérico en el que se incorporan los datos relacionados con los menoscabos físicos.

(*Ref_Biblio*). Referencias bibliográficas. Campo alfanumérico donde se incluyen las referencias bibliográficas relacionadas con la colección.

(*Foto*). Fotografía. En este campo, también alfanumérico, se almacena la ruta donde se encuentra el archivo de la fotografía digital realizada.

Figura 8. Pantalla de entrada, modificación y borrado de información, de la base de datos creada para registrar las características de la colección Orueta

Figure 8. Main screen of the autochrome plates data base of the Orueta collection

Desde la pantalla de entrada, modificación y borrado de información se pueden realizar las búsquedas, apareciendo el resultado de las mismas en la tabla (Fig. 8).

Conclusiones

El carisma de Orueta, la peculiaridad del material fotográfico (placas autocromas) y la temática del mismo (microfotografías de rocas) hacen de esta colección un elemento patrimonial de incuestionable valor. Con este trabajo se muestra la metodología a emplear en el correcto tratamiento de colecciones históricas vinculadas a la Historia de la Geología. De este modo, se han tratado los principales aspectos que enriquecen y ponen en valor este tipo de materiales. Por una parte, se ha realizado una biografía de Orueta a partir de todas las fuentes históricas y actuales disponibles, resaltando de este modo la activa vida laboral y científica del autor. Por otra, se ha catalogado la colección teniendo en cuenta todos los datos que pueden extraerse de cada ejemplar, incluyendo su correlación con las imágenes figuradas en la publicación original de la Serranía de Ronda. Además, se han digitalizado todas las imágenes para su posterior manipulación, preservando así los originales. Los datos de la catalogación y las imágenes digitalizadas se han incluido dentro de una nueva base de datos que facilitará el posterior acceso a la información. Las placas autocromas son elementos muy sensibles a la alteración, por lo que se ha prestado especial atención a su conservación. Así, ya que las placas se han conservado relativamente bien, solo se ha intervenido someramente en ellas y se han estudiado las condiciones ambientales más adecuadas para la futura preservación de su identidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Luis Jesús Llana (Mieres) su generosidad al comunicarnos datos inéditos de sus investigaciones históricas sobre la labor docente de Orueta en la Escuela de Capataces de Minas de Mieres. A Alfredo Baratas (Universidad Complutense de Madrid) debemos la información que sobre Orueta se conserva en el Legado Simarro de la Facultad de Psicología (UCM). Angel Paradas (Museo Geominero, IGME) nos ilustró sobre el mineral "orueta" y sus ejemplares en las colecciones del museo. A Juan José Durán (Instituto Geológico y Minero de España) y al conservador de fotografía Angel Fuentes agradecemos sus acertadas revisiones críticas y sugerencias

aportadas para la mejora del manuscrito. Este trabajo es una contribución al Grupo Español de la Comisión Internacional para la Historia de la Geología (INHIGEO, IUGS-UNESCO).

Referencias

- Anónimo, 1900. Una patente española. Comunicación telegráfica sin hilos entre dos trenes en marcha. *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, 51, 203.
- Anónimo, 1911. Instalación de microscopía del Ingeniero del Cuerpo Nacional de Minas y F.R.M.S. Don Domingo de Orueta, en Gijón. *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, 62, 105-107.
- Anónimo, 1926. Don Domingo de Orueta y Duarte. *Revista de Obras Públicas*, 1, 88.
- Aragonés, E. 2006. Mariá Faura i Sans i el Servei del Mapa Geològic de Catalunya (1914-1924). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 14, 81-264.
- Calvo Rebollar, M. 2003. *Minerales y Minas de España. Volumen II. Sulfuros y sulfosales*. Museo de Ciencias Naturales de Álava, Diputación Foral de Álava, Vitoria, 705 pp.
- Cartier-Bresson, A. y Sirven, M. 2002. La restauration des autochromes. En: Pastre, B. & Devos, E. (eds). *Les Couleurs du Voyage. L'oeuvre photographique de Jules Gervais-Courtellemont*. Paris, 74-83.
- Coe, B. 1978. *Colour photography: the first hundred years 1840-1940*. Ash & Grant, London, 144 pp.
- Conseil Canadien des Archives (CCA). 2003. Chapitre 6. Supports d'information. En : *Manuel de conservation des documents d'archives*. Conseil Canadien des Archives, Ottawa, 60-86.
- Contreras, A. 1926. Don Domingo de Orueta. *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, 77, 38-41.
- Crémier, V. 1911. *La photographie des couleurs par les plaques autochromes*. Gauthier-Villars, Paris, 11 pp.
- Faura i Sans, M. 1916. Microfotografies en colors d'algunes roques de Catalunya, *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 13 (9), 145.
- Faura i Sans, M. 1917. La Ozoquerita cristallisada a Catalunya. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 17, 10-11
- Faura i Sans, M. 1918. Reproducció microgràfica de les roques a la llum polaritzada mitjançant les plaques autocromàtiques. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 28 (276), 1-7.
- Fernández Navarro, L. 1926. Don Domingo de Orueta y Duarte (Nota necrológica). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 26, 219-225.
- Fuentes, A. y Robledano, J. 1999. La identificación y preservación de los materiales fotográficos. En: Félix del Valle (coord.), *Manual de Documentación Fotográfica*. Editorial Síntesis, Madrid, 43-76.
- González Bueno, A. y Baratas Díaz, A. 2007. *Museos y colecciones histórico-científicas de las universidades madrileñas. El patrimonio de Minerva*. Dirección General de Universidades e Investigación, Consejería de Educación, Comunidad de Madrid, Madrid, 328 pp.

- Gutiérrez Claverol, M. y Rodríguez Terente, L.M. 2005. Vicisitudes históricas del Museo de Geología de la Universidad de Oviedo. *Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo*, 25, 27-49.
- Kindelán, V. 1926. Orueta. *Boletín del Instituto Geológico de España*, 6, viii-xxxvi.
- Krause, P. 1995. Preservation of autochromes plates in the collection of the National Geographic Society. *Journal of Imaging Science and Technology*, 29.
- Lumière & Jougla (sin fecha de edición). *Les plaques autochromes Lumière - notice sur leur emploi*. Union Photographique Industrielle. 82, Rue de Rivoli, Paris.
- Marcet Riba, L. 1926. Domingo de Orueta i Duarte i les investigacions de petrografia quantitativa: nota necrològica. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 2ª serie, 6 (9), 9 pp.
- Orueta y Duarte, D. 1885. *Informe sobre los terremotos ocurridos en el Sur de España en Diciembre de 1884 y Enero de 1885*. Sociedad Malagueña de Ciencias Físicas y Naturales. Tip. y Lit. de Fausto Muñoz, Málaga, 52 pp. (Edición facsimilar realizada en 2005 por la Academia Malagueña de Ciencias).
- Orueta y Duarte, D. 1890. Indicaciones para la observación de los infusorios. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 319-322.
- Orueta y Duarte, D. 1911. Apparatus for photomicrography with the microscope standing in any position, especially in inclined position. *Journal of the Royal Microscopical Society*, 1911, 588-591.
- Orueta y Duarte, D. 1912a. Un aparato para microfotografía con el microscopio colocado en cualquier posición, y especialmente en posición inclinada. *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, 63, 37-38 (Reproducido en *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, 12, 199-204).
- Orueta y Duarte, D. 1912b. Reproducción microfotográfica de los colores de las rocas por medio de placas autocromáticas. *Boletín del Instituto Geológico de España*, 13, 117-122.
- Orueta y Duarte, D. 1913. La luz ultravioleta y sus aplicaciones en microscopía, con un resumen de los trabajos hechos en el laboratorio del autor durante el año 1911 y primer semestre de 1912. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, 11, 530-544, 620-641-686-724, 804-820.
- Orueta y Duarte, D. 1914. *Aplicaciones de la luz ultravioleta a la investigación micrográfica*. (Conferencia pronunciada el 18 de febrero de 1914). Instituto de Ingenieros Civiles, Madrid, 26 pp. (Reproducido en *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, 65, 107-111, 133-136).
- Orueta y Duarte, D. 1915. *Resultado práctico del estudio petrográfico de la serranía de Ronda*. (Conferencia pronunciada el 30 de octubre de 1915). Instituto de Ingenieros Civiles, Madrid, 29 pp. (Reproducido en *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, 66, 513-520).
- Orueta y Duarte, D. 1917. *Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda*. Memorias del Instituto Geológico de España, Madrid, 567 pp. (vol. 1), 16 láms., cortes y mapas geológicos (vol. 2).
- Orueta y Duarte, D. 1919. Informe sobre el reconocimiento de la Serranía de Ronda. *Boletín del Instituto Geológico de España*, 40, 201-331.
- Orueta y Duarte, D. 1922. *Estudio petrográfico de Sierra Almijara y de la parte occidental de Sierra Nevada y Las Alpujarras*. Boletín del Instituto Geológico y Minero de España, 43,1-155, 20 láms.
- Orueta y Duarte, D. 1923a. *Microscopía. La teoría y el manejo del microscopio*. Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Madrid, 716 pp. (vol. 1), 457 pp. (vol. 2).
- Orueta y Duarte, D. 1923b. *Historia del Microscopio y su aplicación en las Ciencias Naturales*. Discurso de Ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Talleres Polígrafos, Madrid, 139 pp.
- Orueta, D. de y Rubio, E. 1926. *La Serranía de Ronda*. (Excursión A-2 del XIV Congreso Geológico Internacional, Madrid). Instituto Geológico de España. Gráficas Reunidas, Madrid, 160 pp.
- Orueta González, M. 1998. *De Aingerukua a Cortina del Muelle*. Ediciones Moretón, Puebla de Arganzón, 282 pp.
- Orueta González, M. de y Rodríguez González, A. 2002. *Macpherson y los Orueta. La moderna geología española se forjó en Ronda*. Arunda Libris, Ronda, 30 pp.
- Ost, H. 1911. *Tratado de Química Industrial*. Editorial Maucci, Barcelona, 422 pp.
- Piña de Rubies, S. 1919. La orueta, nuevo sulfotelururo de bismuto. *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 17, 83. (Reproducido en *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*, 70, 197-198).
- Portolés, F. 2004. *Fotografía y radiología en la obra del Dr. César Comas*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 629 pp.
- Rábano, I. (Coord.) 2006. *Instituto Geológico y Minero de España. Historia de un edificio*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 207 pp.
- Ramón y Cajal, S. 1912. *La fotografía de los colores. Fundamentos científicos y reglas prácticas*. Imprenta Nicolás Moya, Madrid, 307 pp.
- Roosa, M. 2004. *El cuidado, manipulación y almacenamiento de fotografías*. International Federation of Library Associations and Institutions (IFLA) & Core Activity on Preservation and Conservation (PAC). Bibliothèque Nationales de France, Paris, 64 pp.

Recibido: octubre 2007

Aceptado: diciembre 2007