

El “descubrimiento” del quebracho y la Exposición Universal de Barcelona de 1888

(The "discovery" of the quebracho and the Universal Exhibition of Barcelona of 1888)

Gabriela Dalla-Corte Caballero¹
TEIAA / Universitat de Barcelona

Resumen: El quebracho de la zona chaqueña adquirió un lugar indiscutible durante la Exposición Universal de Barcelona del año 1888. La importación en España del extracto tánico del quebracho colorado se produjo gracias a Carlos Castel y Clemente, el máximo responsable de la elaboración del catálogo de vegetales que podían servir para las fábricas españolas dedicadas a la curtición de la piel, y profesor de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes.

Palabras claves: quebracho - Exposición Universal de Barcelona - 1888 - Carlos Castel y Clemente - extracto tánico.

Abstract:The quebracho of the chaqueña zone acquired an indisputable place during the Universal Exhibition of Barcelona of the year 1888. The import in Spain of the tannic extract of the quebracho tree took place thanks to Carlos Castel y Clemente, the maximum responsible for the production of the catalogue of vegetables that could serve for the Spanish factories dedicated to the curtición of the skin, and teacher of the Engineers Special School of Mounts.

Kew words: quebracho - Universal Exhibition of Barcelona - 1888 - Carlos Castel y Clemente - tannic extract.

Introducción

En el siglo XVIII, Cataluña se convirtió en uno de los principales espacios manufactureros, artesanales y mercantiles del continente europeo. Desde 1767, la monarquía española permitió a los catalanes desembarcar en los espacios hispanoamericanos, en particular en el Virreinato del Río de la Plata, para garantizar la ocupación territorial y competir a nivel internacional. En ese proceso de ampliación política y administrativa ideado desde Madrid, el Gran Chaco quedó en segundo lugar: su “colonización” se inició formalmente recién a partir del fin de la Guerra de la Triple Alianza contra la República del Paraguay (1865-1870).

Desde entonces, las empresas extranjeras se volcaron a la apropiación de las tierras chaqueñas que eran compartidas por los recientes Estados Nacionales de Bolivia, Argentina y Paraguay. Los límites de ese territorio

¹ Este trabajo se inscribe en el proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad HAR2012-34095, desarrollado en el seno del TEIAA, Taller de Estudios e Investigaciones Andino-Amazónicas (2009SGR1400), grupo de investigación consolidado por el Comissionat per a Universitats i Recerca del DIUE de la Generalitat de Catalunya.

chaqueño empezaban por Calchaquí, seguían la frontera este sobre la orilla derecha del río Paraná hasta Resistencia, y de allí a la orilla izquierda del río Paraguay, remontando el río Apra hasta la provincia brasileña de Matto Grosso. Un poco al este de los límites de la provincia de Salta, seguía a lo largo de la frontera hacia el sur, y de ahí hacia Calchaquí. En los hechos, hoy día Bolivia incluye la Provincia del Gran Chaco, ubicada en el Departamento de Tarija; la República del Paraguay conserva el antiguo Chaco Boreal establecido al norte del río Pilcomayo, que había quedado en disputa con Bolivia hasta la Guerra del Chaco (1932-1935); y Argentina, finalmente, se reparte el Chaco Central (hoy día, Provincia de Formosa) y el Chaco Austral (Provincia del Chaco), así como espacios de las provincias de Santa Fe, Santiago del Estero, Salta, Corrientes, Córdoba, Tucumán, Catamarca y Jujuy.

En este amplio territorio chaqueño se impuso la explotación del árbol de quebracho, en particular la del quebracho colorado, con el objetivo de obtener madera para construir ferrocarriles, así como extraer tanino para la curtición. Sobre estos temas podríamos mencionar diversos trabajos volcados al análisis de las empresas extranjeras establecidas en el Gran Chaco, como por ejemplo “La Forestal” británica de la zona argentina, o la del palentino Carlos Casado del Alisal, esta última llamada en sus inicios “Compañía de Tierras Hispano-Paraguaya Limitada”, y que a partir de 1909 pasó a llamarse “S. A. Carlos Casado Limitada, Compañía de Tierras”. Sin olvidar la trayectoria de esas compañías, este artículo pretende demostrar cómo y cuándo se difundió en España la existencia del quebracho chaqueño, y de qué manera se legalizó su uso para el curtido de la piel, del cuero.²

La importación de la madera y del extracto tánico del quebracho se produjo gracias a Carlos Castel y Clemente, el máximo responsable de la elaboración del catálogo de vegetales que podían servir para las fábricas dedicadas a la curtiembre, y que presentó ante un diverso público que asistió en el año 1888 a la Exposición Universal de Barcelona.³ Como veremos,

²Augusto Gansser, *Manual del curtido* (Barcelona: Gustavo Gili, 1917, traducción de E. Ruiz Ponssets).

³Marina López, “Les arrels de l’Exposició Universal de Barcelona de 1888”, Assumpció Feliu y Antoni Vilanova (ed.), *La Barcelona de Ferro. A propòsit de Joan Torras Guardiola* (Barcelona: MUHBA, Ajuntament de Barcelona, Institut de Cultura, 2011): 213-234.

gracias a esta feria barcelonesa interesada en la industria, la técnica y las artes, el quebracho colorado adquirió un valor indiscutible.⁴

En este trabajo se analizan los avances científicos que hizo Castel y Clemente, quien en las últimas décadas del siglo XIX elaboró interesantes afirmaciones respecto a los productos vegetales, al uso de las materias curtientes de la arboricultura, y a las posibilidades ofrecidas por el extracto tánico del quebracho para el proceso de producción del curtido. Los textos más relevantes elaborados por este profesor de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes de Madrid, se conservan en la Biblioteca Nacional de Catalunya.⁵ La biblioteca mencionada se encuentra en Barcelona, que en esas décadas se convertiría en la ciudad de España más importante y más creativa en cuanto a la producción del curtido.

1.- La Escuela Especial de Ingenieros de Montes de Madrid

Con la finalidad de divulgar en España las ciencias naturales ya explayadas en casi todas las naciones europeas,⁶ en el año 1847 la monarquía española acepta crear la novedosa Escuela Especial de Ingenieros de Montes,⁷ que quedó adscrita al Ministerio de Fomentoy en dependencia académica de la Escuela General Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos de Madrid.⁸ Los ingenieros forestales se dedicaron a largas vacilaciones con los gobernantes de turno, y consiguieron establecer su primer albergue en el histórico Castillo de Villaviciosa de Odón.

Por entonces la escuela exigía tres años de impartición para expedir el título de “Ingeniero de Montes”. Las clases incluían mecánica y química aplicada, botánica, zoología, mineralogía, climatología, selvicultura,

⁴ Assumpció Feliu Torras y Antoni Vilanova, “Las exposiciones universales del siglo XIX, espais per a la glorificació de la industria, la técnica i les arts”, Assumpció Feliu y Antoni Vilanova (ed.), *La Barcelona de Ferro. A propòsit de Joan Torras Guardiola* (Barcelona: MUHBA, Ajuntament de Barcelona, Institut de Cultura, 2011): 197-212.

⁵ En adelante se utilizan las fuentes documentales conservadas en la Biblioteca Nacional de Catalunya, en particular la caja con material diverso (1817-7820), de la Exposición Universal de Barcelona de 1888, que cubre un total de 322 documentos (CA 1002361061, XX B2, b 25294842).

⁶ Philibert Guinier, *L'enseignement à l'École des Eaux et Forêts et la carrière forestière*, Berger-Levrault, extracto de los Annales de l'École des eaux et forests, IV, 2, 1932 (París: s/d, 1933).

⁷ Carlos Castel y Clemente, *Noticia sobre la fundación y desarrollo de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes* (Madrid: Imprenta Perojo, 1877).

⁸ Erich Bauer Manderscheid, *Los Montes de España en la historia* (Madrid: Servicio de Publicaciones Agrarias del Ministerio de Agricultura, 1980).

construcción e industria forestal, ordenación y valoración de montes, legislación, así como dibujo topográfico, fitográfico y zoográfico de las zonas investigadas. Como afirmara el destacado docente Carlos Castel y Clemente, el deseo de esa entidad educativa era conservar la normalidad de la espesura, para adecuarla a los terrenos forestales como base de las ciencias naturales. En términos más bien literarios, esa escuela reproducía “el espíritu forestal germánico”, y se encarnaba “en el alma generosa y en la razón despierta”.⁹

En la segunda mitad del siglo XIX, el Cuerpo de Ingenieros de Montes ostentó sus estudios sobre la flora forestal,¹⁰ y organizó un catálogo razonado de maderas, frutos, jugos y cortezas, el cual incluyó flora de la encina, roble, alcornoque, zumaque, haya, pino, abeto, aliso, arce, abedul, alerce, chopo, sauce, nogal, olmo, castaño, eucalipto, gayuba, laurel, plátano, olivo, fresno, avellano, algarrobo, espino, romero e higuera.¹¹ La distribución forestal era la base de la propia industrialización del país, un país que ya estaba obligado a competir con el resto de Europa. También se hizo referencia a los productos del regaliz (botánicamente llamado *Glycyrrhiza glabra*, L.): el regaliz aprovechaba el rizoma, y ya era considerado una planta persistente que vegetaba en las tierras fuertes y frescas de los ríos El Ebro, El Tajo, El Guadalquivir. A mediados del siglo XIX se producían dos millones de kilogramos de raíz en la zona de Zaragoza, de los cuales tres cuartas partes eran utilizadas para la fabricación del extracto que era enviado a Francia y a los Estados Unidos de América.¹²

La dirección de estos avances quedó siempre en manos del profesor Carlos Castel y Clemente.¹³ La potencia de esta Escuela Especial de Ingenieros de Montes, dedicada a la construcción forestal, coincidió con la privatización de los montes de España, y por ello sus estudiantes y sus

⁹ Carlos Castel y Clemente, “Bibliografía. Flora Forestal Española”, *Revista de Montes*, IX (Madrid: 1885): 19-25.

¹⁰ Carlos Castel y Clemente, “¿Qué hay sobre desamortización forestal?”, *Revista de Montes*, 11 (Madrid: 1878): 489-493.

¹¹ Carlos Castel y Clemente, Carlos Castel y Clemente, “Ojeada a la sección forestal en la Exposición del Campo de Marte”, *Revista de Montes*, 11 (Madrid: 1878): 393-401, 419-425, 443-454, 465-474; 537-543.

¹² *Catálogo razonado de los objetos expuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Montes, Exposición Universal de Barcelona de 1888* (Madrid: Imprenta de Moreno y Rojas, 1888): 107-179.

¹³ Carlos Castel y Clemente, *Apuntes sobre ordenación de los alcornocales* (Madrid: s/d, 1891).

profesores vivieron diversas reformas reglamentarias que se produjeron el 2 de julio de 1848, el 31 de octubre de 1859, el 18 de mayo de 1862, y el 24 de octubre de 1870. Al año siguiente, la escuela fue trasladada al Real Sitio de San Lorenzo del Escorial,¹⁴ donde quedó ubicada en una de las llamadas “Casas de Oficios”. Los responsables de esta escuela se aproximaron así a la sierra de Guadarrama, donde pudieron organizar las clases de enseñanza, así como la ubicación de los laboratorios y de los diversos gabinetes. Desde entonces se produjeron diversas reformas en los reglamentos y en su calidad de pertenencia: actualmente esta entidad educativa se denomina Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes (ETSI), y depende de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

2.- El profesor Carlos Castel y Clemente

Nacido en Cantavieja en 1845, y fallecido en Madrid en 1903, Castel y Clemente se desempeñó como profesor en Valencia y en Guadalajara, y fue el máximo responsable de la organización de montes de Quintanar,¹⁵ Valle de Iruelas, y Guadalajara.¹⁶ También fue director general de Beneficencia y Sanidad y de Obras Públicas; miembro de las academias de Historia Natural y de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales; y socio de mérito de la Sociedad Económica Turolense de Amigos del País. Recibido en la Escuela Especial de Ingenieros de Montes, asumió su cargo docente como miembro del Cuerpo de Ingenieros.¹⁷

Por entonces se investigaban las familias del reino vegetal con la finalidad de “colocarlas en el lugar que le corresponde”; como señalara el propio Castel y Clemente: “en la serie inmensa de los compuestos orgánicos contenidos en

¹⁴ Carlos Castel y Clemente, “Datos para la determinación del clima en el Real Sitio de El Escorial”, *Revista de Montes* 1 (Madrid, 1877): 10.

¹⁵ Carlos Castel y Clemente, *Proyecto de Ordenación del monte Quintanar*, 3 vols. (Madrid: s/d, 1880). Carlos Castel y Clemente, “La producción de los montes en Prusia y en España”, *Revista de Montes*, IX (Madrid: 1885): 513-518.

¹⁶ Carlos Castel y Clemente, *Descripción física, geognóstica, agrícola y forestal de la provincia de Guadalajara* (Madrid: Impresor de Cámara de Su Majestad, Imprenta y fundición de Manuel Tello, 1881).

¹⁷ Antonio Morcillo San Juan, “Carlos Castel: ingeniero y político decimonónico”, *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF)*, 8, (1999, septiembre), 11-17.

las plantas”.¹⁸ Interesado inicialmente en los montes de la Península Escandinava,¹⁹ el mencionado ingeniero de montes comenzó a analizar la flora forestal como vegetal combustible.²⁰

Con el principio de que “la ciencia enseña, y la experiencia confirma”, publicó un importante número de obras dedicadas a diversos temas directamente vinculados a la curtición,²¹ así como a la producción del tanino.²² Para hacer comprender este proceso, Castel y Clemente se encargó de dar a conocer su interés por la salvaguarda y la custodia de los montes públicos, ya que las condiciones climatológicas tan variadas de España permitían ir de una localidad a otra, y observar numerosos materiales vegetales que, según él, eran imprescindibles.

En las páginas de su libro sobre la densidad de las maderas que fue publicado en el año 1879, Castel y Clemente elaboró una larga lista de maderas de la península, e incluyó una sección de “maderas exóticas españolas de la Isla de Cuba, entre ellas la novedosa “quiebra hacha” procedente del Gran Chaco, la cual llegaba a la Isla de Cuba en manos de la monarquía española.²³ Por ello resulta interesante dedicarnos a las obras de Carlos Castel y Clemente, en las que este último describió la naturaleza y las propiedades del tanino para la curtición. Como señalara el mencionado ingeniero de montes, las primitivas industrias europeas habían puesto a su servicio las grasas, el humo, la sal y el calor para preparar y curtir las pieles, valiéndose de ciertas sustancias, contenidas en la corteza de muchas plantas, y de las cuales las extraían por medio de una prolongada maceración en agua a una temperatura ordinaria. Según él, era necesario aceptar la piel de

¹⁸ Carlos Castel y Clemente, *Memoria sobre la influencia de la luna en la vegetación* (Madrid: Carlos Bailly Bailliere, 1875).

¹⁹ Carlos Castel y Clemente, *Memorias sobre las condiciones naturales y producción agrícola y forestal de la Península Escandinava* (Madrid: Imprenta del Colegio Nacional de Sordomudos y de Ciegos, 1883).

²⁰ Carlos Castel y Clemente, “Arboricultura: el haya, monografía dasográfica”, *Revista Forestal* VI (Madrid, 1873), 82-91, 123-133, 173-184, 327-345, 364-398.

²¹ Carlos Castel y Clemente, *Del aire y de la atmósfera, Curso de Ciencias Naturales, Discurso pronunciado en el Ateneo Científico y Literario de Madrid* (Madrid: Imprenta Manuel G. Hernández, 1883).

²² Carlos Castel y Clemente, *Curso de ciencias naturales, 11ª conferencia del 20 de abril de 1882, Ateneo Científico y Literario de Madrid* (Madrid: Tipografía de Manel G. Hernández, impresor de la Real Casa, 1883), 29-30.

²³ Carlos Castel y Clemente, *Estudio sobre la densidad de las maderas* (Madrid: Ramón Moreno, 1879), 6, 19-29.

animales como materia útil para el vestido. Siguiendo este principio educativo, cultural y económico, Castel y Clemente enunció las obras del químico sueco Jöns Jacob von Berzelius (1779-1848), a través de las cuales quiso explicar los componentes naturales inorgánicos que se conectaban entre sí, gracias a proporciones específicas y sencillas. Von Berzelius, conocido como “el padre de la química”, se había centrado en la técnica moderna de la fórmula de notación química.

Castel y Clemente también aprovechó las obras de Pierre Jean Robiquet, Eugène Chevreul,²⁴ Hartig, Trecüle, Sachs, Kraus..., los cuales habían descubierto, aunque parcialmente, el papel que jugaba el tanino en la economía vegetal. Citó a diversos escritores volcados a la fabricación de tanino, entre ellos a Gerhardt, Laurent, Strecker, Leve, Meunier, Deyeux, Proust, Buillon; así como el químico alemán Justus von Liebig (1803-1873), el pionero de la enseñanza científica, creador de la cadena carbonada, y autor de una obra sobre la química orgánica y su aplicación a la agricultura y a la fisiología.²⁵

Con todo esto en marcha, Castel y Clemente afirmó que la tenería estaba en manos de los fabricantes de curtidos, los cuales se mostraban más que interesados en la ejecución de ensayos para conseguir que esas pieles fuesen duraderas, suaves e incorruptibles.²⁶ Para defender esta propuesta (una propuesta que años después llevaría adelante Héctor Giusiana),²⁷ el ingeniero de montes señaló que el principal creador del principio astringente del tanino fue el especialista Seguin, quien en 1796 combinó el extracto con la gelatina, e impuso el término “tanino”. Esta expresión sirvió para definir las curtientes tradicionalmente utilizadas en la industria de la piel, del cuero, una sustancia presente en extractos vegetales que eran capaces de unirse a la piel, y de evitar su putrefacción. Como señalara Castel y Clemente, no había dudas de

²⁴ Eugène Chevreul, *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale: avant propos de A. Arnand* (París: Imprinta Nationale, 1889).

²⁵ Bernabé Sanz Pérez, “Aportaciones del Barón Justus von Liebig a la nutrición”, *Real Academia Nacional de Farmacia*, 69, 4 (2009): 83-101.

²⁶ Carlos Castel y Clemente, *Combustibles vegetales: teoría y práctica de la combustión, carbonización y destilación de la madera* (Madrid: Imprinta R. Moreno y R. Rojas, 1885).

²⁷ Héctor Giusiana (Ettore), *Tenería Moderna, Parte Técnica: curtición vegetal, curtición mineral, fabricación extractos curtientes, teñido y engrase de los cueros, curtidos diferentes, análisis y datos químicos* (Barcelona: Librería de Agustín Bosch, 1920). Obra dedicada al ingeniero industrial Alfonso María Gallardo, que incluye frase de E. Pellicer Boulanger: “L'industrie de cuir més avec l'homme, est un facteur indispensable à la prospérité d'une nation; sans cuir pas d'armée”.

que este término había surgido en Francia a partir del nombre utilizado para el polvo de las cortezas de encina y de roble, ambas cortezas destinadas a las fábricas de curtidos. Por ello reprodujo la afirmación que en 1821 hiciera Jean Antoine Chaptal en base a las primeras conclusiones a las que llegó Seguin:

La piel se corrompe fácilmente; se impregna de agua con facilidad y se destruye por un repetido frote. Se evitan todos estos inconvenientes, por la operación del curtido, y la piel toma entonces el nombre de cuero. Curtir una piel es saturarla del tanino o principio astringente e los vegetales, y por este medio comunicarle dureza, al mismo tiempo que se la vuelve incorruptible y menos penetrable por el agua. No nos detendremos en las teorías por las cuales se han explicado sucesivamente las operaciones y los efectos del curtido: nos limitaremos a observar que Mr. Seguin ha demostrado que el tanino se combinaba con la gelatina, la cual forma casi la totalidad de la piel, y que resulta de esta combinación un nuevo cuerpo que poseía unas propiedades enteramente particulares. Para que una piel sea susceptible de recibir el tanino, primero se le debe quitar el pelo, separarle las grasas adherentes, despojarla de su epidermis, limpiarla, hacerla más suave e hincharla.²⁸

Carlos Castel y Clemente señaló que desde mediados del siglo XIX, el nombre de “ácido tánico” se hizo general para designar el principio curtiente contenido en las plantas. En origen, este nombre correspondió solamente a los estudios que se hacían en las agallas o exudaciones producidas en la cara externa de los órganos nuevos del roble, por los cuales circula la savia en abundante cantidad. Precisamente en 1879 se estaba utilizando la palabra “tanino”, sinónimo de “ácido tánico”, en especial al investigar los factores de luz, calor, humedad, naturaleza física y mineralógica de los terrenos.

La obra de Castel y Clemente fue editada como memoria premiada con el accésit por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en el concurso público del año 1876. El tema principal era determinar el valor

²⁸ Jean Antoine Chaptal, *Química aplicada a las artes*, traducida del francés al castellano por el Dr. Francisco Carbonell y Bravo, catedrático de química (Barcelona: Imprenta Antonio Brusi, 1821).

intrínseco de las materias curtientes o astringentes referido al tanino producido por los vegetales de cinco o más provincias de España. El objetivo era exponer con la mayor aproximación posible la edad de los vegetales, de dónde procede su cultivo, la estación, las épocas del año más favorables para la recolección de los productos y las vías o medios de exportarlos o conducirlos a los mercados. Beneficiado con el este premio, este profesor de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes sostuvo que la química analítica había recibido un prodigioso desarrollo durante cuarenta años, pero a pesar de ello:

..Salvo algunos importantes trabajos más bien referentes a puntos de detalle que a la teoría del conjunto, el tanino, química e industrialmente considerado, sigue casi desconocido; pudiendo el escritor de nuestros días repetir las palabras de Pelouze, con la misma seguridad con que el émulo de Liebig y de Berzelius, de Robiquet y de Chevreul, copió el dicho de Pelletier, quien en 1813 confesaba igualmente, hablando del tanino, que `los más hábiles profesores se hallaban embarazados cuando en el curso de sus lecciones llegaba el momento de hablar de este principio inmediato de los vegetales.²⁹

A partir de entonces, Carlos Castel y Clemente utilizó las reflexiones del químico londinense Charles Hatchett, nacido en 1765 y fallecido en 1847, quien además de ser el descubridor del mineral columbio (Cb, luego denominado “niobio”),³⁰ y de desempeñarse en el Museo Británico, llevó adelante en el año 1806 numerosas experiencias sobre la preparación de taninos artificiales, dando este nombre al propio uso del ácido nítrico para tratar el carbón vegetal, animal y mineral. Por ello el ingeniero de montes elaboró la teoría general acerca de la materia curtiente llamada “tanino”, y a las variadas fases de sus respectivas transformaciones. De acuerdo a sus palabras, la finalidad inicial del uso del tanino fue hacer incorruptibles las pieles (recordemos, llamadas cueros

²⁹ Carlos Castel y Clemente, *Estudios sobre el tanino. Memoria premiada con el accésit por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en el concurso público para 1876* (Madrid: Viuda e Hijo de Eusebio Aguado, 1879): 1-6.

³⁰ Charles Hatchett, “An analysis of a Mineral Substance from North America, containing a Metal Hitherto Unknown”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 92 (London: 1802): 49-66.

en América Latina). Desde el inicio se añadía el ácido tánico para precipitar la gelatina de su disolución, formando un cuerpo insoluble. Se coloreaban las disoluciones en una sal de hierro de oxidación máxima, precipitando una abundante cantidad de tanino que todavía no se había definido a ciencia cierta. El ácido tánico obtenido por los procedimientos menos defectuosos conocidos hasta entonces, se presentaba bajo la forma de un polvo más o menos granujiento e inflamado, escamoso muchas veces, y nunca cristalizado. El color blanco, ligeramente amarillento, producto de las agallas que encierran menos materia colorante. Su sabor era fuertemente astringente y amargo, sin olor, muy soluble en el agua y en el alcohol. Se trataba de un producto poco soluble en el éter, salvo que fuese hidratado, y por ello se disolvía dicho tanino separándolo en forma de líquido gelatinoso. El líquido primitivo tenía la facultad de precipitar la gelatina y de curtir las pieles, propiedades ambas que sólo podían ejecutarse por la presencia de una mayor o menor cantidad de tanino cedido por los tejidos vegetales. Por ello investigó si los taninos contenidos en las diversas plantas eran idénticos, un proyecto que le exigió analizar las especies que se utilizaban en la industria de producción de curtidos.

3.- El destino de la “quiebra hacha”

Con la finalidad de definir cuál fue el destino de la “quiebra hacha”, es necesario comenzar con una pequeña meditación sobre lo que significaba “tanino”, y su relación con el cuero natural que es el pellejo que cubre la carne de los animales después de ser curtidos y preparados para su conservación y para su uso doméstico e industrial. Si la piel es el subproducto más importante de la industria frigorífica o de la carne, el curtido lo valoriza transformándolo en cuero, que es la capa de tejido que recubre a los animales y que otorga resistencia y flexibilidad para la posterior manipulación. La palabra “cuero” viene del latín “curium” que representa la piel curtida de los animales, es decir, esa piel putrescible que se convierte en cuero imputrescible. El instrumento encargado de esta transformación es precisamente el compuesto químico ácido denominado “tanino”, producido naturalmente en la corteza de algunos de los árboles que evitan su descomposición y otorgan un color determinado.

Tanino (en inglés, “tanning”; en alemán, “gerbstoff”), fue un término utilizado originariamente para describir las sustancias orgánicas que servían para “curtir” las pieles (el cuero) de los animales. Podemos observar este término en las instrucciones generales del arte de curtir que elaboró Cayetano Miguélez, y que fue publicado en el año 1805 por la Imprenta Real de Madrid.³¹

El tanino comenzó a utilizarse en las pieles de los animales para hacerlas más resistentes al calor. Este proceso de curtido fue posible gracias a la extracción del tanino de las plantas solubles en agua, un agua que se decanta y evapora. Por ello, el vocablo genérico “tanino” refiere a un grupo de sustancias que derivan de todas las fuentes del reino vegetal (entre raíces, maderas, cortezas, hojas y frutos), y que goza de la propiedad común de hacer insoluble la gelatina, transformando la sustancia de la piel en cuero curtido.³²

Las sustancias extractivas o taninos presentan estas propiedades y caracteres: solubles en agua, color variable, sabor astringente, se colorean de diversa manera con las sales de hierro y se combinan con la piel para formar una sustancia llamada “cuero” o “piel”. Los elementos esenciales de las materias curtientes pertenecen al grupo de los compuestos orgánicos; se les conoce bajo el nombre de “ácidos tánicos” que se encuentran en el reino vegetal, asociados o formando parte de las plantas. Las materias astringentes son muy diferentes entre sí, pero tienen la propiedad de precipitar la gelatina y formar compuestos insolubles con las fibras de la piel (cuero).³³

El “tanino” es utilizado por el curtido vegetal, y de ahí procede el término “tenería” que, junto con “curtiduría”, designan el lugar o la fábrica donde se curten las pieles.³⁴ El resultado es sencillo: las pieles se estiran sobre marcos y se sumergen en cubas con concentraciones crecientes de tanino. Las principales aplicaciones del extracto tánico han sido la capellada para zapatos, la tapicería de muebles, la vestimenta, los interiores de automóviles, la

³¹ Cayetano Miguélez, *Arte de curtir, ó Instrucción general de curtidos* (Madrid: Imprenta Real, 1805).

³² *El Arte de Curtir* (Revista Técnica Mensual de Pieles, Curtidos y Calzado, patrocinada por el Sindicato General de la Industria de Curtidos, Órgano Oficial de la Escuela Española de Tenería, se reparte gratis a fabricantes de curtidos y calzado de España), XIV, 170 (enero de 1923, Barcelona): 5.

³³ W. Griffith, “El tanino del castaño”, *El Arte de Curtir*, XIV, 181 (diciembre de 1923, Barcelona): 10.

³⁴ *El Arte de Curtir* (número sometido a la censura militar), XV, 182 (enero de 1924, Barcelona): 13.

peletería, así como las suelas para zapatos y para las botas de los ejércitos. Hoy día los extractos se usan para producir todo tipo de curtidos al natural como carteras, monturas, cinturones, vaquetas. Finalmente, el “cromo” deriva del griego “chroma”, y es el elemento químico que garantiza precisamente el color a nivel mineral.

Por ello es importante señalar que el ingeniero Castel y Clemente se aprovechó de las ideas del químico y farmacéutico francés Pierre Jean Robiquet, nacido en Rennes en 1780 y fallecido en París en 1840, profesor de la parisina Escuela de Farmacia,³⁵ quien asimiló los tintes industriales con la alizarina, y que descubrió uno de los aminoácidos llamado “asparragina”.³⁶ Utilizó la extensa obra del químico francés Jean-Baptiste Dumas, nacido en 1800 y fallecido en 1884, quien en 1829 fundó junto a Alphonse Lavallé la Escuela Central de Ingeniería de París, y que a mediados del siglo XIX llegaría a ser el responsable del Ministerio de Agricultura y Comercio francés.³⁷

Gracias a los avances realizados por estos químicos –en general, británicos, franceses, alemanes y rusos–, Castel y Clemente demostró la existencia de una lenta división del tanino, y se centró en su acción fisiológica. Basado especialmente en el tanino de roble, analizó las regiones agrícolas y describió los lugares de los árboles, su nacimiento y crecimiento a la luz y a la oscuridad, sus raíces y sus brotes, así como la cantidad de tanino contenido en diversas plantas, entre ellas roble, pino silvestre, laurel, gayuba, brezo, abedul, alerce, castaño de Indias, haya, arce, sauce, olmo, avellano, chopo, espino negro, castaño, zumaque de Sicilia, agallas, catechú de Bengala, catechú de Bombay, abeto, sauce, pinabete, abeto, abedul, alerce, espino negro, pinabete, chopo temblon, fresno, serval de cazadores, cornizo, aliso.... Y en la propia España recogió encina, roble, alcornoque, roble quejigo, zumaque, haya, pino, alerce, abedul, aliso, abeto, pinsapo, ciprés, arce, eucalipto, gayura, castaño, chopo, chopo blanco, chopo carolino, sauce, granado, nogal, olmo, fresno, olivo, tilo, carrasquilla, laurel, carpe, plátano, boj, algarrobo, avellano, yedra,

³⁵L. N. Vauquelin y Pierre Jean Robiquet, “La découverte d'un nouveau principe végétal dans le suc des asperges”, *Annales de chimie et de physique*, París, 57, 1806, pp. 88-93.

³⁶ Pierre Jean Robiquet, “Essai analytique des asperges”, *Annales de chimie et de physique*, París, 55, 1805, pp. 152-171

³⁷ Jean-Baptiste Dumas, *Traité de Chimie appliquée aux arts*, 8 vols. (París: Béchét Jeune, 1831).

serbal, aliaga, cerezo, lila, morrionera, espino, romero, higuera, moral chino y pino. Según él, era necesario determinar las regiones agrícolas, ya que “todos sabéis que para el libre ejercicio de sus actividades, necesitan los vegetales suelo, aire, humedad, calor y luz”.³⁸

Llamativamente, todavía no mencionaba al quebracho colorado chaqueño, esa madera que sería la más requerida a partir de 1870. El momento en que él se expresó abiertamente sobre ese árbol, sobre la “quiebra hacha”, fue la Exposición Universal de Barcelona organizada en mayo de 1888. Pero, como conclusión, Castel y Clemente afirmó una década antes de este evento que las plantas curtientes y las causas que determinaban su mayor o menor riqueza en tanino, merecían una atención especial:

El conocimiento de la propiedad curtiente de algunas plantas fue, como queda dicho, antiguo y general en todos los pueblos, viéndose que cada uno ha dado la preferencia a aquellas especies que, conteniendo mayor cantidad de tanino en sus tejidos, ocupan mayores superficies, produciéndose, por tanto, en mayor escala, y alcanzando reducido valor. Tan común es hallar la materia curtiente entre los principios orgánicos de los vegetales, que casi puede asegurarse forma parte integrante de todos ellos, por más que para muchos lo sea en cantidad tan corta, que si queda al descubierto por los procedimientos del análisis, no basta a dar a aquellos utilidad bajo el punto de vista de sus aplicaciones industriales.³⁹

4.- La Exposición Universal de Barcelona de 1888

Como sabemos, en el marco de la revolución industrial, Barcelona se convirtió en una ciudad productiva y comercial. Fue beneficiada por las transformaciones tecnológicas, económicas, urbanísticas, mercantiles, artísticas, sociales y culturales. Hasta el momento en que se produjo dicha revolución industrial, el cuero era tratado sumergiéndolo en agua con maderas

³⁸ Carlos Castel y Clemente, *Determinación de las regiones agrícolas, Conferencia Agrícola celebrada en el Ministerio de Fomento el día 16 de mayo de 1880* (Madrid: Imprenta de Moreno y Rojas, 1880): 9.

³⁹ Carlos Castel y Clemente, *Estudios sobre el tanino. Memoria premiada con el accésit por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en el concurso público para 1876* (Madrid: Viuda e Hijo de Eusebio Aguado, 1879): 55-59 y 69-81.

y cortezas de castaño, roble y agalla de nuez, ricas en esta sustancia. La permanencia mínima de los cueros en piletas de agua alcanzaba los seis meses.

Desde mediados del siglo XIX se comenzó a utilizar el extracto de tanino, reduciendo el tiempo de elaboración a aproximadamente un mes. Las pieles se estiran sobre marcos y se sumergen en cubas con concentraciones crecientes de tanino. Y es en este proceso de transformación donde adquiere importancia la procedencia del tanino para el curtido de la piel, gracias al castaño, al roble, a la encina y, en especial, al quebracho. Los extractos solubles de quebracho colorado se mezclaban con otros extractos vegetales en diversas proporciones entre ellos, en especial con taninos sintéticos fenólicos, naftalénicos y fenol-naftalénicos. Ese quebracho otorgó al cuero, es decir, a la piel, el color rosado. Observado a la inversa, los extractos contenidos por el cuero son semi-solubles de quebracho, gracias a los sistemas de curtido y recurtido.

La industria de fabricación de extracto vegetal con elevado contenido en tanino para la curtición, está basada en la utilización de maderas especiales. Desde finales del siglo XIX, y en especial durante la primera mitad del siglo XX, la mejor y la más rica madera fue la del árbol de quebracho. Es una madera tan densa que no flota, y tiene un elevadísimo contenido en tanino que hace que no se pudra. Este árbol originario del Gran Chaco fue utilizado para construir los embarcaderos y pantanales de los puertos. Por entonces, esta tarea impulsada por la monarquía española en tiempos coloniales hizo que se bautizara a la madera dura con el nombre de “quebraba las hachas” y de “quiebra hacha”; y de ahí viene el calificativo histórico de “árbol de quebracho”.

El árbol del quebracho fue uno de los importantes recursos que se dieron a conocer en Barcelona durante la Exposición Universal, gracias a la presencia del ingeniero de montes. El 20 de mayo de 1888 Alfonso XIII asistió al acto de inauguración de dicha exposición de la mano de su madre, la Reina María Cristina. La elección del sitio del emplazamiento de la exposición benefició a la zona marítima, gracias a la participación de la Comisión Hidrográfica de la

Península.⁴⁰ Como afirmó Edmon Vallès, Barcelona se abrió “de bat a bat” (en castellano, “de par en par”), dando lugar a la creación de una ciudad dinámica que se convertiría rápidamente en una gran urbe.⁴¹

La Exposición Universal de Barcelona gozó de 72 pequeños volúmenes, primero quincenales y luego mensuales, editados entre el 27 de agosto de 1886 y el 30 de setiembre de 1889 bajo la dirección de Salvador Carrera,⁴² así como de un diario en el que fueron publicadas las empresas catalanas.⁴³ En el marco del desarrollo del barrio de la Rivera, las muestras reforzaron el ideal modernista e industrial que guiaba a sus responsables, los cuales hicieron construir el Pabellón de Ciencias, el de Agricultura,⁴⁴ el Palacio de la Industria, la Galería del Trabajo, la Sala de Máquinas, la de productos farmacéuticos y químicos, la de aguas minerales, la de bellas artes, así como el Pabellón de las Colonias Españolas que por entonces eran Cuba y Puerto Rico (América), Filipinas (Sureste Asiático) y Fernando Poo (Guinea Española, en África).⁴⁵

Precisamente esta Exposición Universal careció de representantes de sus antiguas colonias continentales de América.⁴⁶ La obra publicada en 1888 demostró que España carecía de barcos, a excepción de la Compañía Trasatlántica, y que las líneas de vapores de algunas naciones europeas (en especial a Italia, Inglaterra, Francia y Alemania) monopolizaban el transporte mercantil así como el de personas. Por ello incluyeron sus reflexiones sobre las relaciones mantenidas con Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador, Honduras y

⁴⁰ *Algunas noticias sobre la Exposición Universal de Barcelona en 1888, por la Comisión Hidrográfica de la Península* (publicado en la Revista General de Marina) (Madrid: Impresor de la Real Academia de la Historia, Establecimiento Tipográfico de Fortanet, 1888): 5-19.

⁴¹ Edmon Vallès, *Historia de Catalunya en imatges, 1888-1931. De l'Exposició Universal a la proclamació de la República* (Barcelona: Edicions 62, 1977): 9.

⁴² *La Exposición, Órgano Oficial de la Exposición Universal de Barcelona, Oficinas de la Exposición Universal* (Barcelona: Establecimiento Tipográfico de los Sucesores de N. Ramírez y Ca., 1886-1889).

⁴³ *El Reporter, Diario de la Exposición consagrado a la defensa de los intereses de los Señores Visitantes y Expositores de 3 de julio*, 10.000 ejemplares, I, 19 (Barcelona: Imprenta El Reporter, 1888), Biblioteca Nacional de Catalunya, Exposición Universal de Barcelona de 1888 (II-B.12-4).

⁴⁴ Gustavo Barba Villaraza, *Centenari Exposición Universal Barcelona 1888, Comissió Ciutadana de Commemoració* (Barcelona: Panorama, Equip de Comunicació Sociedad Anónima, 1988).

⁴⁵ *Relación de los Expositores de la Provincia de Barcelona presentados por el Instituto de Fomento del Trabajo Nacional, seguida de un plano explicativo con indicación del sitio que ocupan* (Barcelona: Instituto de Fomento del Trabajo Nacional, Imprenta de Jaime Jepús, 1888), Biblioteca Nacional de Catalunya, Exposición Universal de Barcelona.

⁴⁶ Josep Maria Garrut, *L'Exposició Universal de Barcelona de 1888* (Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Delegació de Cultura, 1976).

Uruguay, así como con el propio gobierno paraguayo al que describieron como “encajado en el centro de esa parte de la América meridional”. En ese contexto, la conclusión de estos responsables de la Exposición Universal fue inminente: si España conservaba la apatía que la dominaba, eso le impedía estrechar las relaciones mercantiles con las nuevas Repúblicas creadas gracias al proceso independentista. Estas ideas se acompañaron con la inauguración que se hizo en el mes de julio de 1888 al inaugurarse el Monumento a Cristóbal Colón en la Plaza Portal de la Paz,⁴⁷ el punto de unión entre el Paseo de Colón y la Rambla.⁴⁸

En ese movimiento comercial e institucional ya se encontraba presente el árbol de la “quiebra hacha”, el quebracho. Por ello los empresarios pidieron la utilización del Muelle de la Madera (Moll de la Fusta), para garantizar el descargue de esa madera sin correr riesgo de incendio. Poco después la Cámara Sindical de Maderas –domiciliada primero en la Plaza Santa Ana Nº 4, y desde 1928 en la calle Junqueras Nº 2– solicitó a la Dirección General de Aduanas y a la Junta de Obras del Puerto que designaran un muelle lejano a la zona donde descargaban el carbón: la Cámara Sindical de Maderas propuso ocupar los 600 metros de longitud del Muelle de San Beltrán.⁴⁹

La exposición barcelonesa incluyó un importante número de escuadras: la Escuadra inglesa del Mediterráneo, al mando del duque de Edimburgo, y del jefe de Estado Mayor Colin R. Keppel; la Escuadra inglesa de Instrucción, al mando del Comodoro Albert H. Markham; la Escuadra francesa de evoluciones al mando del Vicealmirante Amet, Jefe de Estado Mayor y Capitán de navío de Courbille; la Escuadra italiana al mando del Vicealmirante Luigi Bertelli, jefe de Estado Mayor y capitán de navío Gioacchino Trucco; la Escuadra austríaca al mando del Contraalmirante Barón M. Manfroni de Monfort, jefe de Estado

⁴⁷ David García, “La bastida del monument a Colón, un enginy capdaventur en les estructures metàl·liques”, Antoni Assumpció y Vilanova (ed.), *La Barcelona de ferro. A propòsit de Joan Torras Guardiola Feliu*(Barcelona: Museu d’Història de Barcelona, MUHBA, Ajuntament de Barcelona, Institut de Cultura, 2011): 235-250.

⁴⁸ Josep L. Roig, *Historia de Barcelona* (Barcelona: Primera Plana Sociedad Anónima, 1995).

⁴⁹ Cartas de la Cámara Sindical de Maderas a la Junta de Obras del Puerto, 14 de agosto de 1880, 2 de noviembre de 1883, 7 de marzo de 1884 y 11 de marzo de 1884, en Museu Marítim de Barcelona (MMB), Arxiu Central, Port de Barcelona, 832, Dirección de Recaudación, 1869-1967, H-1594, Descarga de maderas, Caja Nº 201.

mayor y capitán de la Corbeta Sachs. También los buques de Rusia, Holanda, Alemania, Portugal y Estados Unidos, así como la Escuadra española.

Durante la Exposición Universal, los propios responsables de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes reconocieron que la venta total de los montes públicos se oponía a la “corriente de opinión en los hombres pensadores”, y que España debía conservar la escuela dedicada a las grandes masas forestales,⁵⁰ como el resto de los países del globo.⁵¹ Esto mismo afirmaría Carlos Castel y Clemente durante un discurso presentado en Barcelona, en el que se centró en la influencia de los factores del medio en la distribución de los vegetales con la finalidad de impulsar su existencia ante la competencia e invasión de especies vegetales extranjeros. Editó entonces un folleto sobre el tanino y las cortezas curtientes, y lo presentó durante la Exposición Universal organizada en el Parque de la Ciudadela, anteriormente perteneciente al ejército e incorporada a la ciudad en el año 1851.

Castel y Clemente expuso sus primeras ideas sobre la propiedad curtiente de algunas plantas españolas, así como sobre el descortezamiento de los árboles bajo el punto de vista de su conservación y repoblado. Las sustancias que analizó en ese año fueron el alcornoque, alerce, aliso, brezo, castaño, ciprés piramidal, encina, fresno, espino, eucalipto, gayuba, marrionera (“viburnum lantana”), laurel, haya, granado, pino, olmo, nogal, pinsapo, roble, sauces o sargas, zumaque y tilo. Según él, la riqueza de las cortezas variaba con la estación en que se verificaba el descortezamiento.

La Exposición Universal expandió la propaganda comercial: su Jurado se mostró interesado especialmente en la agricultura, la ganadería, la industria,⁵² la producción textil, la manera de construir mejores ferrocarriles, las máquinas utilizadas para coser,⁵³ y también entregó a los participantes un importante

⁵⁰ “Escuela de Ingenieros de Montes”, *Catálogo razonado de los objetos expuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Montes, Exposición Universal de Barcelona de 1888* (Madrid: Imprenta de Moreno y Rojas, 1888): 170-172.

⁵¹ Thomas F. Glick, Rosaura Ruiz, Miguel Ángel Puig-Samper (ed.), *El Darwinismo en España e Iberoamérica* (Madrid: Universidad Nacional Autónoma de México, CSIC, Ediciones Doce Calles S. A., 1999): 140.

⁵² *Reglamento General agricultura, ganadería, industria* (Barcelona: Imprenta Peninsular de Mariol y López, 1887).

⁵³ *Reglamento para el Jurado, Comisaría Regia de la Exposición Universal de Barcelona* (Barcelona: López Robert Impresor, 1888).

número de diplomas y premios, entre ellos el que hizo para la República de Bolivia en honor a sus tejidos de vicuña.⁵⁴

Reflexiones finales

En este contexto, Castel y Clemente llegó también a una interesante conclusión que da lugar al “descubrimiento” del valor del quebracho en España: en virtud de los experimentos que hizo con plantas para determinar la cantidad de tanino existente, afirmó que la parte más rica en materia curtiente eran las hojas, seguidas de las envolturas del fruto y de las cortezas.⁵⁵ Sus reflexiones fueron incluidas entonces en las páginas de la *Revista Forestal, Económica y Agrícola*, en la *Revista de Montes*, así como en los *Anales y Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*.⁵⁶

La acelerada reflexión llevada adelante por los ingenieros de montes dirigidos por Castel y Clemente, fue acompañada por las propuestas que en el año 1883 había hecho Juan Manuel Mariani y Larrión al sugerir el uso del quebracho para el tratamiento de las enfermedades del aparato respiratorio, entre ellas la disnea, es decir, la patología consistente en la dificultad respiratoria o en la falta de aire.⁵⁷ Y si algo comenzó a mencionarse durante la Exposición Universal del año 1888 fue precisamente la “quiebra hacha” del Gran Chaco, un recurso procedente de las áreas del mundo en la que la transición de los trópicos a las zonas templadas no consistía en un desierto,⁵⁸ sino en bosques semiáridos y sabanas.⁵⁹

⁵⁴ Francisco de Bofarrul y Sans, *Bibliografía, los códigos, diplomas e impresos en la Exposición Universal de Barcelona, correspondiente de la Real Academia de la Historia, de número de la Real Academia de Buenas Letras de Barcelona* (Barcelona: Tipo-Litografía de Busquets y Vidal, 1890).

⁵⁵ Carlos Castel y Clemente, *Cortezas curtientes, Resumen de la memoria, estudios sobre el tanino. Exposición Universal de Barcelona* (Madrid, Imprenta de Moreno y Rojas, 1888): 8 y 22-48.

⁵⁶ Carlos Castel y Clemente, *Sobre el valor de los agentes que determinan la distribución de los vegetales en el globo, discurso leído ante Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el 11 de julio de 1899, contestación de Máximo Lagunas* (Madrid: s/d, 1899).

⁵⁷ Juan Manuel Mariani y Larrión, *La Dispnea y su tratamiento por el quebracho aspidosperma* (Madrid: Imprenta y Librería de Nicolás Moya, 1883).

⁵⁸ C. Ulmke y L. August, *Una guía para las plantas nativas del Chaco Paraguayo* (Paraguay: Loma Plata, 2004).

⁵⁹ M. Peña-Chocarro, et. al., *Guía de árboles y arbustos del Chaco Húmedo, Guyra Paraguayo* (Asunción: Fundación Moisés Bertoni y Fundación Hábitat y Desarrollo, 2006).

Gracias a la Exposición Universal de 1888, la ciudad de Barcelona se convirtió en el centro de producción de tanino del árbol del quebracho para la curtición. El proyecto científico de Castel y Clemente acompañó la instalación en la ciudad de Barcelona de la gran empresa “S. A. de Extractos Tánicos”. Los responsables de esta fábrica inauguraron en el año 1909 la revista *El Arte de Curtir*, una publicación que desde el año 1926 llevó el nombre de *La piel y sus Industrias*. Los responsables de ambas experiencias, tanto la periodística como la empresarial, fueron los hermanos Carlos, Fernando y Pedro Pablo de Corral y Tomé, este último yerno de Carlos Casado del Alisal, el gran creador de la antigua “Compañía de Tierras Hispano-Paraguaya Limitada”.⁶⁰

En los hechos, la unión familiar permitió la importación de la “quiebra hacha” por el Puerto de Barcelona hasta la década de 1930, década durante la cual se produjeron la Guerra del Chaco y la Guerra Civil española.⁶¹ Hasta entonces la contribución del profesor de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes fue utilizada para justificar la importación del tanino y de la madera del quebracho colorado del Gran Chaco, demostrando en España la unión entre educación, cultura y comercio. Las reflexiones otorgadas por Carlos Castel y Clemente, en especial las que formuló para la Exposición Universal de Barcelona de 1888, sirvieron durante cinco décadas para fomentar el uso del quebracho para la producción de curtidos catalanes, incluyendo la elaboración de suelas para los zapatos y las botas utilizadas por los ejércitos europeos hasta la Segunda Guerra Mundial.

⁶⁰ Gabriela Dalla-Corte Caballero, “La S. A. de Extractos Tánicos” de Barcelona: un proyecto empresarial a través del quebracho paraguayo”, *Trocadero*, N° 25, 2013, pp. 187-210.

⁶¹ *Catálogo de Obras escritas por Ingenieros de Montes* (Madrid: Escuela Especial de Ingenieros de Montes, 1949).