

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE UN IMPERIO

Pascual Santos López
Universidad de Murcia

1. DE ALMAZARRÓN A MÉXICO

En la primavera de 1539 Bartolomé de Zárate, regidor de México, embarcaba rumbo a Nueva España con un equipo completo de 37 técnicos y operarios especializados, necesarios para la mejora y puesta en marcha de las explotaciones y fábrica de alambres de Metztlán. El objetivo no era otro que inundar el mercado europeo de mordiente mexicana. El equipo lo formaban: “catorce andaluces, nueve castellanos y leoneses, seis vascos, dos extremeños, dos murcianos, un catalán, un portugués, un flamenco y un genovés”¹. Destacan, como aclaran Lacueva y Cunill, los nueve operarios de Baeza expertos en las manufacturas de paños y los dos murcianos, uno de Lorca y Pedro de Vezón², natural de Alumbres de Mazarrón, hijo de Bartolomé Vezón que había descubierto en 1537³ unas alubreras para el marqués de Villena. ¿Quién mejor que el hijo de un observador experto para descubrir los nuevos yacimientos de alambres mexicanos?

Lo que más me interesa resaltar en este caso, por otra parte bien conocido gracias a la historiografía actual, es la rapidez y eficiencia con las que se llevó a cabo, justo de febrero de 1538⁴, que ya se encontraba en Valladolid, donde residía la Corte, al 1 de febrero de 1539, cuando se conceden las licencias de embarque. En todas ellas se anota la misma frase: “Va con la gente que lleva Bartolomé de Zárate -para los alambres-”⁵.

1 LACUEVA MUÑOZ y CUNILL, 2010, 35.

2 AGI, “Pedro de Veçon, [sic por Vezón?] hijo de Bartolomé Vezón y de Constanza González, vecino de las Alumbres de Mazarrón. Va con la gente que lleva Bartolomé de Zárate ‘para los alambres.’” CONTRATACION, 5536, L.5, F. 148R (3), 1539.

3 FRANCO SILVA, 1980, 260.

4 LACUEVA MUÑOZ y CUNILL, 2010, 32.

5 AGI, CONTRATACION, 5536, L. 5, F. 147, 148 y 149.

Reunir, convencer y contratar a un equipo tan heterogéneo y poner a punto todo lo necesario para embarcar y llevarlos a México era empresa hartamente difícil si no se poseían los medios técnicos, el dinero necesario, la información privilegiada, si no se dominaban las redes sociales de la época y se contaba con la voluntad política para hacerlo posible.

Pero Bartolomé de Zárate lo tenía todo. Hijo de uno de los primeros conquistadores de Nueva España, Rodrigo de Jerez y de Ana de Zárate, casado con Beatriz de Quijada, nieta del también conquistador Francisco de Villegas. Vecino de la ciudad de México donde también vivía su hermano Martín, plenamente integrado en la élite de la capital⁶ gozaba de una situación perfecta para ser designado administrador de los alumbres de Nueva España y además regidor de México.

Todo esto justo en 1535, el mismo año que tres secretarios del Consejo de Indias, el doctor Beltrán, el licenciado Suárez de Carvajal, el licenciado Mercado de Peñalosa y el secretario de dicho Consejo, Juan de Samano, obtienen de Carlos I por real provisión el derecho exclusivo para que pudieran beneficiar los alumbres de Nueva España⁷.

A pesar de haber conseguido que la Corona ordenara al Virrey, también en 1535, que algunos indios de la comarca ayudaran en las labores de extracción y afino del alumbre, pagándoles su trabajo y además poder tomar libremente el agua y la leña necesaria para el beneficio del alumbre, Zárate carecía de instalaciones, utillaje, herramientas y personal experto para poner en marcha una explotación al estilo europeo. Por lo que viajó a la península en 1537 para reunir todo lo necesario y también gracias a ser regidor y procurador del cabildo “solicitar a la Corona la mejora de las instalaciones del puerto de San Juan de Ulúa”⁸ manifestando Zárate que podía dirigir las obras de mejora por conocer bien el puerto ya que vivía en Veracruz, lo que demuestra, como apuntan Lacueva y Cunill la clara orientación comercial del negocio de los alumbres. El administrador de las explotaciones y fábricas de alumbres de Nueva España viviendo en el puerto de Veracruz.

Quedando vigente que cualquier sistema tecnológico de explotación y fabricación que se pretendiese implantar tenía necesidad de una completa red social y comercial a nivel global. Fundamental para llevar a cabo con éxito no sólo reunir el personal experto y las herramientas necesarias sino también y no de forma menos importante, embarcar, asegurar, transportar, vender y conseguir cobrar con éxito el alumbre afinado en pasta en los mejores mercados, para obtener los pingües beneficios que se esperaban de uno de los artículos más lucrativos de aquellos momentos.

2. LOS MERCADOS DE FLANDES Y LOS ALUMBRES MURCIANOS

El 24 de mayo de 1462⁹ el marqués de Villena consigue por cédula real la concesión de Enrique IV sobre el beneficio de todo el alumbre murciano, descubierto y por

6 LACUEVA MUÑOZ y CUNILL, 2010, 29.

7 AGI, CONTRATACION, 5787, N.1, L.4, F.21-22V

8 LACUEVA MUÑOZ y CUNILL, 2010, 30.

9 FRANCO SILVA, 1996, 16. ADF (Archivo Ducal de Frías), Leg. 172, nº 2.

descubrir. Privilegio cuya mitad concedería pocos días después a Pedro Fajardo con el fin de asegurarse el apoyo del Adelantado de Murcia. Gracias a esta concesión, ratificada en 1480, después de morir el Rey, los Villena y los Fajardo se ocuparían de poner en marcha y mejorar de forma continua las explotaciones de las minas y fábricas de alumbre de lo que llegaría a ser con el paso de los años la villa de Mazarrón. Estas explotaciones las llevarían a cabo con diferentes vicisitudes bien en forma de arrendamiento o bien produciendo el alumbre ellos mismos y vendiéndolo a través de sus agentes comerciales afincados en los mercados de Flandes en competencia directa con los alumbres de Tolfa de los Estados Pontificios.

En el Archivo de Simancas se conserva un informe de los alumbres que se vendían en Flandes, Inglaterra y Alemania y si se preferían los de Mazarrón¹⁰, Cartagena o Civita Veccia. Dicho informe está realizado tres años después de firmar un contrato el genovés Negrón de Negro con el marqués de Villena por nueve años, para tomarle 16000 quintales anuales a 30 reales castellanos el quintal. Por tanto, si el acuerdo se firmó el 14 de junio de 1559¹¹, el informe debe ser del año 1562, justo tres años antes de que Felipe II por cédula del 9 de julio de 1565¹² prohibiera enviar alumbres a Flandes y otras partes, exceptuando el asiento hecho con los genoveses Agustín Sauli y Negrón de Negro que tenían la exclusiva, debido a las exportaciones clandestinas de alumbre de Cartagena y Mazarrón que escapaban al fisco¹³.

El informe detalla los costes de los fletes y seguros: “la costa que tiene cada quintal hasta ponerlo en Flandes son dos escudos de á seis sueldos, y allí van comprendidos todos los derechos, fletes de nabios y aseguros”¹⁴. También expone con todo lujo de detalles la información de la demanda en los diferentes países:

“En flandes hazen differencia en vondad los alumbres de civita vieja á los de mazarron un sueldo por quintal; los de civita vieja son mejores, y mas differencia se haría si no fuesse que en flandes ay personas que saven refinar lo de mazarron.

En ynglaterra hacen diferencia, seis sueldos por quintal de lo de civita vieja á lo de mazarron, y esto acausa que no es en tanta consciencia lo de Mazarron como el de Civita vieja; dizen que en ynglaterra se gastaran por año siete mil quintales.

En Hostrelant y alemania tanto quieren lo de mazarron bullido como lo de civita vieja [...]

10 AGS, “Relación de los alumbres que se vendían en Flandes, Inglaterra y Alemania, procedentes de las minas de Civita Veccia, propias de S.S. que tenía arrendadas Agustín Sauli y de Mazarrón propias del Duque de Escalona.”, CCA, DIV, 8, 23, Siglo XVI.

11 FRANCO SILVA, 1996, 148.

12 SNAHN, (Sección Nobleza del Archivo Histórico Nacional), “Cédula de Felipe II prohíbe enviar alumbres a Flandes y otras partes, según el asiento hecho con los genoveses Agustín Sauli y Negrón de Negro” FRIAS, C.772, D.9-12, 1565.

13 FRANCO SILVA, 1996, 157.

14 AGS, CCA, DIV, 8, 23.

En ynglaterra quieren mucho lo de Cartagena, y mas que lo de mazarron, por ser blanco y parescer alo de civita vieja”¹⁵

Lo que nos demuestra la importante función informadora que ejercían bien los agentes de la Corona por cuestiones fiscales o bien los delegados de los dueños de las fábricas de alumbre para conocer de forma completa la calidad y cantidad de la demanda, la situación de la competencia, costes del transporte, cuestiones fundamentales para la puesta en marcha, mejora y necesidad de inversiones en las explotaciones y fábricas. Sobre todo, como apunta Franco Silva, para un negocio como el de los alumbres, que suponía una “extraordinaria fuente de ingresos”¹⁶ que obligaba a los dueños de las fábricas, como los marqueses de Villena y de Vélez, a permanecer siempre atentos a todos los aspectos del suculento negocio del alumbre, desde los detalles de la actividad minera y fabril hasta los aspectos del mercado y las intrigas del Consejo de Flandes¹⁷ para hacerse con la exclusiva del mercado de los alumbres murcianos.

La necesaria información que los diferentes actores del negocio del alumbre enviaban de una a otra parte del mundo desde sus puestos locales nos da pistas para comprender las redes sociales existentes del mercado global que interactuaba a través de las fronteras hispánicas y que se incluye en la completa construcción social del sistema tecnológico que se estaba llevando a cabo en el Imperio español.

3. APROPIACIÓN CULTURAL DE LA TECNOLOGÍA

Toda acción de transferencia tecnológica exige una aculturación de la nueva tecnología y una adaptación a las condiciones locales donde va a ser implantada, teniendo en cuenta sus condiciones ambientales, sociales, culturales y políticas que si se realiza de manera exitosa, es decir, si los técnicos y artesanos locales han conseguido adaptar la nueva tecnología, la han hecho suya y la han mejorado podemos llamarla apropiación cultural de la tecnología.

Esa apropiación y su posterior desarrollo van a influir en todo el conjunto de la sociedad, no sólo en los técnicos que la han desarrollado sino también en los operarios que trabajan con esos nuevos procedimientos, instrumentos o máquinas. Incluso en las personas que consumen esos nuevos productos, que utilizan esa nueva tecnología, que visten esas nuevas ropas, mejor realizadas, mejor tintadas, más perfectas. Esa nueva tecnología, los avances en el transporte, ese acceso a productos de un comercio global, les aportaría nuevas sensaciones, un nuevo pensamiento y en definitiva una nueva identidad¹⁸ forjada a la par del Imperio.

15 AGS, CCA, DIV, 8, 23.

16 FRANCO SILVA, 1996, 101.

17 FRANCO SILVA, 1996, 129.

18 HÅRD y JAMISON, 2005, 4.

Dicha transferencia y apropiación de la tecnología queda demostrada en multitud de ejemplos de nuestra historia como la revolución¹⁹ que supuso la invención en 1553 del sevillano Bartolomé de Medina y su método, llamado de patio, de amalgamación en frío de los minerales de plata en las minas de Nueva España y que se implantó rápidamente por toda América, con las consiguientes adaptaciones locales.

La enorme importancia del procedimiento e ingenios necesarios para la amalgamación de la plata inventados por Medina fue la gran sencillez de su uso, el ahorro de costes que suponía sobre el utilizado en la tecnología europea del momento, la seguridad que aportaba y el aumento de producción que suponía. Como él mismo escribe en su solicitud al Virrey don Luís de Velasco en 1554: "con haçogue y (se) saque dellos toda ley que se le saca por fundición con mucha menos costa de jente y cavallos y sin greta y cendrada, carbón ni leña"²⁰. Y como apunta Lang: "un procedimiento único en su tiempo, de enorme utilidad a través de más de cuatro siglos"²¹.

A partir de aquí se suceden las adaptaciones y mejoras de este procedimiento por toda América, incluso a sólo tres años del privilegio concedido a Medina, Felipe II por cédula real de 1557 ordena al minero y sacerdote valenciano Antonio de Boteller, compañero de Medina en México, que lo introduzca en la península en estos términos: "Y pues dicen que el azogue es muy provechoso para beneficiar los metales y sacar dellos la plata a menos costo que con otros instrumentos que se usan, y que por esto se ha comenzado usar dello en la Nueva España, informaros heis bien de cómo en ella se hace y haréis la prueba dello en las minas de guadalcanal"²².

Las mejoras del procedimiento de amalgamación durante los siglos XVI y XVII disminuyen el consumo de azogue, acortan los tiempos necesarios y mejoran los rendimientos favoreciendo y abaratando en definitiva el aumento de las producciones.

Como apunta Sánchez Flores el desarrollo o "proceso de perfeccionamiento de toda invención"²³ necesita de sucesivas innovaciones debidas a diferentes personas o equipos de trabajo que introducen mejoras en alguno de los aspectos de instalaciones, máquinas o procedimientos que hacen que ese determinado invento llegue a tener una utilidad realmente práctica y se pueda dar el verdadero progreso.

Entre dichas mejoras o innovaciones del método de amalgamación podemos destacar en Nueva España, entre otros muchos, el ingenio y método de rápida incorporación del azogue por el que consigue privilegio de invención el 22 de febrero de 1561 Alonso de Espinosa, vecino de México y minero en Taxco. Dicha invención mejoraba uno de los principales problemas del sistema de amalgamación, acortando el tiempo necesario de 25 a trece días y además se podía conocer el mismo día la ley de los minerales con ensayos previos. Alonso de Espinosa obtuvo "regalías de 200 a 50 pesos de oro de minas y por un lapso de seis años"²⁴.

19 CASTILLO MARTOS y LANG, 2006, 69.

20 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 90.

21 LANG, 1999, 657.

22 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 93.

23 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 95.

24 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 98. AGNM (Archivo General de la Nación México) R. Mercedes, vol. V, ff. 244-245.

La primera vez que se menciona el uso de “magistrales”²⁵ fue el 23 de febrero de 1561 cuando Juan de San Pedro obtiene privilegio de invención por una mejora en el proceso químico de amalgamación simplemente añadiendo estos magistrales “a las menas molidas y amasadas con el mercurio incorporado, que no eran más que sulfatos calcinados”²⁶ que aceleraban el proceso de amalgamación. Dichos magistrales se usaron a partir de entonces en este proceso.

Otra de las mercedes obtenida en Nueva España fue por un lavadero de metales de Pedro Díaz de Baeza, vecino de la ciudad de México y minero de Temascaltepec, cuyo invento consistía en unas tinas “dotadas de unos molinetes que permitían asentar con la rotación los minerales pesados, además de que los canales donde se vertía el agua de la parte superior tenían un piso estriado donde se detenían las partículas de azogue”²⁷, lo que redundaba en un ahorro del mercurio. Dicho invento obtuvo privilegio de invención por seis años el 13 de abril de 1562.

Son muchos los inventos registrados en Nueva España referentes al beneficio de metales. En 1563 el viejo minero de las minas de Zapualca, Juan de Placencia, obtiene privilegio sobre tres artefactos que había inventado: “un ingenio para cernir metales de plata y tejer las telas para el dicho; un ingenio de alátón y cobre nuevo; y por hacer unas desazogaderas de nueva invención”²⁸.

El 20 de noviembre de 1567 el virrey otorga privilegio a Leonardo Frago y Cristóbal García, vecinos de México por un nuevo sistema para lavar los metales y evitar la pérdida de azogue y plata. Consistía el invento en “un reactivo que asentaba las lamas por efecto químico y del uso de una especie de percoladores o mallas de una especie de tela [llamada nageo] que se aplicarían a las tinas”²⁹.

El 29 de ese mismo mes y de ese mismo año de 1567, prolijo en inventos, Raimundo de Nápoles, vecino de México, obtiene merced sobre: “un mortero que tiene ingenio de moler... y cernidores que es invención buena y provechosa, ya que sin parar el ingenio se cierne en él todo lo que muelen los mazos, echándole metal cernido a una parte e las granzas a otras...”³⁰.

Probablemente uno de los innovadores más conocidos del beneficio de patio fue el maestro de minas de Taxco, Juan Capellín, inventor de carrera que se define a sí mismo como técnico y que presentó al virrey solicitud de privilegio por varias invenciones y entre ellas un molino del que mostró maqueta y el cual probó ante Pedro de Ledesma, alcalde de las minas de Taxco y varios mineros expertos, los cuales informaron muy favorablemente, obteniendo el 17 de julio de 1576³¹ su privilegio. Juan Capellín obtuvo varias mercedes por sendos inventos y ha

25 AYALA CARCEDO y PUCHE RIART, 1995, 85.

26 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 98. AGNM, R. Mercedes, vol. V, ff. 247-248.

27 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 99. AGNM, R. Mercedes, vol. VI, f. 191.

28 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 99. AGNM, R. Mercedes, vol. VI, f. 332.

29 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 100. AGNM, R. Mercedes, vol. IX, ff. 217-218.

30 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 100. AGNM, R. Mercedes, vol. IX, ff. 233-234.

31 SÁNCHEZ FLORES, 1980, 102. AGNM, R. Mercedes, vol. X, ff. 123-124 vta.

pasado a la historia como inventor de la “Capellina”³² un recuperador de azogue o alambique que no permitía que se volatilizara el vapor de azogue sino que se licuaba al hacerlo pasar por una cámara de agua llamada “desazogadera”.

Cual sería el éxito que tendrían los inventos de Juan Capellín que en 1591 el doctor Villanueva Zapata se queja de que le habían quitado los indios que le habían tocado en repartimiento para trabajar su hacienda y se los habían dado al inventor, pidiendo le fueran devueltos, pues sólo le habían dejado cuatro³³.

En el Perú el descubrimiento de las minas de Cinabrio en Huancavelica en el año de 1566³⁴ por el conqueuse Juan de Cabrera fue fundamental para el método de amalgamación. Ayudó a que en Nueva España se expandiera el beneficio de la plata y por supuesto, permitió el mejor aprovechamiento de los minerales del cerro de Potosí.

Una de las más significativas adaptaciones locales del beneficio de patio con azogue, que inventó Medina, fue la introducción del mismo método de amalgamación en frío, entre 1571 y 1572³⁵, por Pedro Fernández de Velasco y su rápida adaptación a las duras condiciones ambientales del Perú y “en un momento muy oportuno: cuando ya la riqueza de estas minas empezaba a decaer por estar-se agotando los «pacos»”³⁶ transformándose en el método de amalgamación en caliente llamado beneficio de buitrones, por el que se aplicaba fuego a cajones donde se producía la amalgamación y que estaba inspirado en el método de las estufas originario de México.

Justo diez años después de la adaptación del método de amalgamación con azogue en Potosí se realizó un repartimiento de indios, tras conocer el informe del visitador Diego de Zúñiga. Dicho repartimiento se realizó siguiendo el criterio de las Ordenanzas del virrey del Perú Francisco de Toledo de 6 de agosto de 1578, teniendo en cuenta el tipo de ingenio, si era hidráulico o de fuerza animal que recibía el nombre de trapiche, el lugar de ubicación, las cabezas y los mazos que tenía:

Ingenio de dos cabezas con 12 mazos en la Ribera: hasta 50 indios.

Ingenio de una cabeza con 8-10 mazos en la Ribera: hasta 32 indios.

Ingenio de caballos (trapiche) en Potosí: hasta 22 indios.

Ingenio de dos cabezas en Tarapaya: hasta 36 indios.

Ingenio de una cabeza en Tarapaya: hasta 28 indios³⁷.

32 AYALA CARCEDO y PUCHE RIART, 1995, 85.

33 AGNM, “Petición del doctor Villanueva Zapata, en la primera solicita se le den indios de repartimiento para trabajar su hacienda que tiene en Tasco. En la segunda se queja que le ha quitado dichos indios, para dárselos a Juan Capellín, quedando solo con 4 de Azala, pide se le devuelvan”. Instituciones Coloniales, Indiferente Virreinal, Expediente 002 (Indios Caja 6499).

34 MENIZ MÁRQUEZ, 1983, 419.

35 AYALA CARCEDO y PUCHE RIART, 1995, 84. SERRANO BRAVO, 2004, 31.

36 MENIZ MÁRQUEZ, 1983, 419.

37 CASTILLO MARTOS, 2004, 92

También existían los inventos e innovaciones para la obtención del azogue, pudiendo estar dentro de los casos de transferencia tecnológica o bien ser inventados y desarrollados en las mismas explotaciones. Por ejemplo el 24 de enero de 1575³⁸ Gonzalo Carmona, residente en Almadén, por lo que conocía perfectamente el beneficio del azogue y las necesidades que existían de este insumo en las Indias, obtiene por real cédula el monopolio para las Indias durante los diez años siguientes sobre una máquina y procedimiento inventados por él para moler y beneficiar el azogue con mayor rendimiento del que hasta entonces se obtenía en Almadén.

Los minerales del cerro Potosí más ricos en plata eran llamados “pacos” y se encontraban en la zona de oxidación, donde la plata era visible y fueron los que primero y más fácilmente se extrajeron. Una vez agotados los “pacos” aparecieron los minerales llamados “negrillos”, que eran más pobres en plata y con “mezcla de sulfuros y sulfosales variados: minerales de cobre, de antimonio y otros”³⁹ y que eran mucho más difíciles de beneficiar, aunque no dejaron de aparecer ingeniosas invenciones que incluso pusieron en peligro las rentas reales de las minas de cinabrio en Huancavelica por el ahorro de azogue que suponía.

Tuvo comienzo esta invención, como muchas, por la necesidad pues hacia 1580 la ley de los minerales de plata había bajado de los 2 kilogramos por tonelada⁴⁰ lo que supuso un reto tecnológico. Para poder seguir beneficiando la plata se añadieron todo tipo de minerales para poder reducir el azogue necesario en el proceso de amalgamación.

Por esas mismas fechas, el contador Gabriel de Castro⁴¹ había comenzado a ensayar la amalgamación añadiendo escorias de hierro gracias a una idea recogida en un libro que trajo de España el tesorero Diego de Robles Cornejo. Idea que transmitió a su yerno Juan Muñoz de Córdoba justo antes de morir y que éste en 1581 comunicó en Potosí al bachiller Garci-Sanchez, minero experto que la puso en práctica incorporando “escorias de hierro en la amalgamación, lo que ayudaba a reducir los cloruros argentíferos a plata nativa”⁴².

Siguiendo la misma idea y como la escoria de hierro era escasa pues venía de Vizcaya en los galeones formando parte del lastre, en 1587, Carlos Corzo de Leca y su hermano Juan Andrea incorporaron al beneficio de amalgamación en frío limaduras de hierro lo que desarrollaron en su ingenio de Tarapaya (Potosí) para lo que construyeron una máquina para limar el hierro. Invento que permitió el ahorro de combustible, recordemos que en el Perú se utilizaba la amalgamación en caliente con buitrones de fuego y además un ahorro enorme de mercurio. Lo

38 AGI, “Real Cédula a Gonzalo de Carmona concediéndole licencia para utilizar con monopolio durante los diez años siguientes una máquina por él inventada para trabajar el azogue”, INDIFERENTE, 426, L. 25, F.314V-315R

39 AYALA CARCEDO y PUCHE RIART, 1995, 86.

40 SERRANO, 2005, 80.

41 MAFFEI y RÚA FIGUEROA, 1871, 290.

42 AYALA CARCEDO y PUCHE RIART, 1995, 85.

que “salvó la minería en Potosí ya que permitió tratar minerales muy pobres, de cualquier tipo y en frío”⁴³.

En 1588, ante el éxito de los hermanos Corzo, el clérigo y bachiller Garci-Sanchez les puso pleito alegando que él había sido el inventor primero del beneficio por escorias de hierro y otras adiciones de azufre y arena. El juicio comenzó el 17 de octubre ante el cabildo con asistencia de las justicias y regimiento de la villa y los dueños de minas e ingenios, rogándosele fuera breve ante los perjuicios que podía ocasionar al Rey y los vecinos de Potosí. Sólo consiguió que el 31 de octubre de 1588 fuera publicada y pregonada la declaración que hizo en las calles de Potosí⁴⁴.

Tanto éxito tuvo en el ahorro del azogue el invento de los hermanos Corzo que el virrey del Perú tuvo que prohibir en 1589 el beneficio por limaduras de hierro, pues disminuían los beneficios de Huancavelica y peligraban los quintos reales⁴⁵. Y además el contador de la Real Hacienda de Perú, Tristán Sánchez, en 1590 se opuso al empleo de limaduras de hierro y sus escorias ya que el costo de ponerlo en Potosí era demasiado elevado⁴⁶. Aunque unos pocos años más tarde cambiarían estos criterios pues desde la Corona se apoyaría todo esfuerzo e innovación tecnológica para favorecer el beneficio de la plata y aprovechar los cada vez más pobres minerales negrillos como se demuestra en la siguiente disposición ordenada desde Toledo el 17 de julio de 1596: “Real Cédula a Don Luis de Velasco, virrey del Perú, para que favorezca y ayude el veneficio de los metales negrillos de Potosí bien por el ingenio de Carlos Corzo o por otra vía”⁴⁷.

Se ve claramente en el detalle del caso que nos ocupa como la tecnología es una construcción social donde la voluntad de las clases dirigentes pudieron frenar, cambiar o estimular el progreso de la tecnología en uno u otro sentido, aunque no sólo sería éste el único factor determinante sino que existirían según las circunstancias otros factores como la disposición de numerario, contar con los insumos y materias primas necesarios, la existencia de un conocimiento tecnológico, el control de las redes de transporte y contar con una demanda adecuada. Factores que influyeron decisivamente en la construcción social del sistema tecnológico con el que, como queda demostrado, contaba la Monarquía de Felipe II y que a su vez este sistema tecnológico ayudaba y potenciaba la construcción social del Imperio.

Paralelamente a los beneficios por adición de hierro se realizaban sin parar nuevos ensayos y se intentaban desarrollar nuevos beneficios menos costosos. En 1588⁴⁸, Juan Fernández de Montano (o Montalvo) propone la adición de sulfato de cobre, llamado copaquiri o caparrosa natural, en una disolución de sal con estiércol

43 SERRANO BRAVO, 2004, 28.

44 MAFFEI y RÚA FIGUEROA, 1871, 290-291.

45 MAFFEI y RÚA FIGUEROA, 1871, 290. AYALA CARCEDO y PUCHE RIART, 1995, 85. SERRANO BRAVO, 2004, 28.

46 AGI, “Petición de Tristán Sánchez sobre el beneficio de las minas del cerro de Potosí, con hierro y escorias”, PATRONATO, 238, N.1, R.9.

47 AGI, INDIFERENTE, 606 L.2, F.27V-28.

48 SERRANO, 2005, 80.

de caballo inspirado en los experimentos realizados en 1582 por Juan Capellín en México, obteniendo resultados fundamentales para la metalurgia del Potosí.

El 18 de abril de 1596⁴⁹ Domingo Gallegos exigió ante el cabildo de Potosí el pago de 50.000 pesos ensayados para dar a conocer su invento que se trataba de sustituir el hierro por plomo, estaño y cobre como reductores en el proceso de amalgamación de cualquier tipo de menas ya fueran “pacos” o “negrillos”. Según apunta Serrano Bravo fue un descubrimiento fundamental pues estos metales provenían de las mismas explotaciones que la plata y no como el hierro que había que importarlo, por tanto se estuvo utilizando “hasta la época republicana”⁵⁰.

En 1597⁵¹ se produjo una crisis por el continuo empobrecimiento de las menas debido a los mencionados minerales negrillos y entonces el beneficio de la plata se hizo más difícil. Se realizaron verdaderos esfuerzos tecnológicos y continuas pruebas y ensayos para encontrar la forma de rentabilizarlos. Incluso en 1601 el Consejo de Indias solicitó al erudito y prolijo inventor navarro Jerónimo de Ayanz⁵², por entonces Administrador General de las Minas de España, un informe para mejorar el beneficio de los “negrillos”. Ayanz propuso la adición de un “magistral” con cobre y cal. “Parece ser que con esta formulación a los dos años estaba resuelto el problema”⁵³.

En 1609⁵⁴ Álvaro Alonso Barba inventa el método de cazo y cocimiento por amalgamación en caliente que se realizaba agitando la mezcla en calderos de cobre con un diseño especial. Con dicho método se podía conseguir en horas lo que con el método de patio suponía unas tres semanas. Además se recuperaba más azogue que con el método de buitrones ya que en los calderos de cobre no se elevaba la temperatura tanto como en los buitrones. El padre Alonso Barba describe su método de cazo y cocimiento en su obra *Arte de los metales* publicada en 1640.

Todos estos avances tecnológicos, entre tantos otros que no es posible referir aquí por problemas de espacio contribuyeron a disminuir de forma muy notable el consumo de azogue aunque aumentara la producción de plata. Esto unido a la preocupación del virrey por la salud de los mitayos hizo que en 1598⁵⁵ se tuvo que parar la extracción de azogue en las minas de Huancavelica debido a la cantidad de excedentes acumulados. Según un manuscrito de Jorge de Fonseca, minero de Huancavelica, en 1622: “llegaban a 35.000 los quintales que había desde Huancavelica a Potosí”⁵⁶.

4. PRIVILEGIOS DE INVENCION

Durante los siglos XVI, XVII y XVIII se suceden multitud de solicitudes y concesiones de privilegios de invención que jalonan la historia conjunta del Im-

49 SERRANO BRAVO, 2004, 28 y 29.

50 SERRANO BRAVO, 2004, 28.

51 SERRANO, 2005, 80.

52 GARCÍA TAPIA, 2003, 179.

53 AYALA CARCEDO y PUCHE RIART, 1995, 86.

54 SÁNCHEZ GÓMEZ, 1989, 321. SERRANO BRAVO, 2004, 29. SERRANO, 2005, 80.

55 AYALA CARCEDO y PUCHE RIART, 1995, 86.

56 AYALA CARCEDO y PUCHE RIART, 1995, 86. Biblioteca Nacional de Madrid, Ms. 3.041.

perio. Transferencias y apropiaciones de tecnología en uno y otro sentido, de la península a los reinos de Indias, a Flandes, a Filipinas y viceversa, que se dan en la agricultura, en la hidráulica, en la minería, en las fábricas de alumbres, en el beneficio de los metales, en la obtención de tintes, de barrilla, de tabaco, en la industria suntuaria, en la acuñación de moneda y en las necesidades de la guerra. Todo ello demuestra el vasto sistema tecnológico construido gracias a las redes sociales existentes en el Imperio.

Los privilegios de invención se concedían, como hemos visto, por diferentes periodos de tiempo y las regalías obtenidas para el inventor podían ser distintas, según el ingenio, procedimiento o máquina inventada. Unas veces era un premio en metálico por una sola vez, otras una cantidad de dinero cada vez que se instalara o se pusiera en marcha la máquina o ingenio privilegiado y otras podía ser una renta vitalicia. Para la concesión del privilegio siempre era necesario demostrar ante los técnicos o funcionarios de la Corona la utilidad del ingenio, para lo que algunos inventores solicitaban ayuda económica que podía costear el Estado, aunque no siempre se concedía ya que lo normal era que el inventor costeara sus ensayos.

Siempre que la merced o la gracia concedida no fuera puntual, es decir otorgada como un premio por una sola vez, los periodos de tiempo por los que se concedía el privilegio podían oscilar entre seis y veinte años o como el caso excepcional del privilegio concedido por cuarenta años en Madrid el día 24 de agosto de 1569 al erudito maquinista aragonés y autor de la obra: *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas* (1564-1575)⁵⁷ "Pedro Juan de Lastanosa, criado del rey, concediéndole licencia a él y a sus herederos para utilizar en Indias cierta máquina que ha inventado, con monopolio de ella durante cuarenta años"⁵⁸.

Se trataba, como ha demostrado García Tapia, del primer molino de la historia movido por pesas descrito de forma incompleta en su obra *Los veintiún libros...* para proteger su invención y luego una vez obtenido el privilegio describe sus elementos. Además el año de la concesión está dentro del periodo en que Lastanosa escribió el manuscrito de su obra.

Como recuerda García Tapia el periodo de tiempo de cuarenta años es excepcional pero también la sanción impuesta a los imitadores: "treinta millones de maravedís"⁵⁹. Todo por la utilidad reconocida al ingenio que se podía utilizar en norias, desagües de minas y regadíos y como expresa el privilegio por "los muchos años que con muchos gastos, vigilias y trabajos entendéis en estas cosas y lo que habéis trabajado hasta que lo habéis acabado de tantear y por principios y demostraciones mecánicas y matemáticas habéis alcanzado"⁶⁰. También añade los servicios prestados por Pedro Juan de Lastanosa a la Corona como "criado ordinario", "machinario" y "maestro mayor en fortificaciones".

57 GARCÍA TAPIA, 1994, 49.

58 AGI, INDIFERENTE, 426, L.25, F.17R-18V.

59 GARCÍA TAPIA, 1994, 49.

60 GARCÍA TAPIA, 1994, 49.

Como podemos ver no sólo hubo cantidad de inventos, innovaciones y transferencias tecnológicas en la cuestión de minería y metalurgia dentro del Imperio sino en todo tipo de áreas del conocimiento tecnológico como no podía ser de otra manera estando en esa época el Imperio español en la cumbre de la hegemonía mundial.

Por ejemplo el privilegio concedido por veinte años el día 8 de junio de 1575 por el descubrimiento en Nueva España de un material para fabricar papel en abundancia a Hernán Sánchez de Muñón, vecino de México y al doctor Juan Cornejo, vecino de Madrid y la exclusividad para fabricarlo y venderlo que firma y dice el Rey:

“...en adelante podais y puedan usar en la dicha Nueva España y en las demás partes de las dichas mis Indias, islas y tierra firme del mar océano donde quisiéredes y por bien tuviéredes, de la dicha invención de hacer el dicho papel con el dicho material, y porque hecho se pueda vender en las Indias, y mandamos que en ello a vos, ni a las dichas personas, no os sea puesto impedimento alguno, y que por el dicho tiempo de los dichos 20 años, ninguna otra persona más de vos, y las de suso declaradas, no usen ni sean osadas a usar de la dicha invención, de hacer el dicho papel con el dicho material que vos descubristis, so pena de tener perdidos los aparejos...”⁶¹

O este otro curioso invento realizado por Jerónimo de Ayanz, presentado ante el Consejo de Indias y por el que obtuvo privilegio por veinte años el día 20 de junio de 1605⁶² para bucear y poder rescatar objetos del fondo del mar, cuyos diseños se conservan en el Archivo General de Indias y que como apunta García Tapia era la primera vez en el mundo que se presentaba un equipo de buceo con renovación permanente de aire suministrado gracias a fuelles que podían ser accionados desde la superficie o bien por el propio buzo en el fondo del mar. García Tapia añade que al año siguiente Ayanz presentó varias máquinas e invenciones ante el Consejo de Castilla y perfeccionaba su equipo de buceo haciendo que “el buzo, no solamente pudiera respirar indefinidamente, sino que tuviese completa libertad de movimientos bajo el agua”⁶³. Equipo de buceo que fue probado con éxito en la Corte de Valladolid ante Felipe III y cantidad de curiosos en el mes de agosto de 1602⁶⁴. Un equipo de buceo probado en el Pisuerga y pensado para recuperar tesoros de los bajíos del Caribe.

61 AGI, “Real Cédula a Hernán Sánchez de Muñón, vecino de Méjico, y al doctor Juan Cornejo, vecino de Madrid, concediéndoles licencia para utilizar en Indias con monopolio durante los 20 años siguientes un invento por ellos encontrado para la fabricación del papel y vender dicho papel”, INDIFERENTE, 426, L.25, F.322R-323R.

62 AGI, “Dibujos de dos ingenios inventados por Jeronimo de Ayanz, comendador de la Orden de Calatrava, para buceo y rescate de objetos del fondo del mar.” MP-INGENIOS, 7.

63 GARCÍA TAPIA, 2003, 185.

64 GARCÍA TAPIA, 2003, 185.

Infinidad de avances tecnológicos fueron traídos, llevados, ensayados y desarrollados dentro de las fronteras del Imperio. Como bien apunta Iglesias Gómez el siglo XVI y primeras décadas del XVII fue “un periodo de gran creatividad e impulso para los inventores españoles, que se tradujo en el registro de muchas y muy curiosas patentes”⁶⁵. Todo tipo de molinos y máquinas, molinos flotantes, de viento, de rodezno, de regolfo, de carro, de pesas, atahonas, aceñas, trapiches, ingenios, molinos de pólvora, almazaras, prensas y batanes. Muchos tipos de máquinas para la preparación y acuñación de moneda, ferrerías con todo tipo de sierras y máquinas para trabajar, cortar y limar el acero y otros metales, ingenios y máquinas auxiliares de la minería y la metalurgia como artificios para el desagüe de las minas profundas, innovaciones en los trabajos de perforación y ventilación de los tiros y socavones.

Las primeras máquinas de vapor con finalidad industrial fueron inventadas y patentadas por Jerónimo de Ayanz en el Valladolid de 1606 y han sido estudiadas por Nicolás García Tapia⁶⁶. La primera, pues inventó tres, fue concebida como un moderno “eyector de vapor” con varias aplicaciones propuestas por el inventor que fueron para insuflar aire a chorro a los hornos de las ferrerías sustituyendo a los fuelles y la “trompa de agua” además de poder renovar el aire viciado de las minas o ser utilizada como un moderno sistema de aire acondicionado. La segunda fue destinada para realizar el desagüe de las minas y la tercera fue un perfeccionamiento de la anterior colocando una sola caldera que alimentara de forma consecutiva dos depósitos colocados en serie y elevar así el agua de manera continua. Ayanz propuso también como aplicaciones la elevación del agua de los pozos de las viviendas y la creación de chorros de agua en fuentes decorativas.

5. TRANSFERENCIAS DE TECNOLOGÍA

Como no podía ser de otra manera también hubo algunos casos de transferencia tecnológica por espionaje industrial como el ejemplo del ingenio del militar Pedro de Zubiaurre instalado en 1603 para elevar el agua a la ciudad de Valladolid. Delegado por Felipe II en varias misiones de espionaje en Inglaterra fue encarcelado en 1584 en la Torre de Londres por trazar un plan en connivencia con el embajador en Londres, Bernardino de Mendoza, para apoderarse de Fregelinga.

Como nos cuenta García Tapia, Zubiaurre, que había estado en varias ocasiones en Londres, “retuvo en su memoria el mecanismo de funcionamiento de la bomba de Londres”⁶⁷ que subía agua del Támesis a la ciudad y que estaba bajo patente del alemán Peter Morris concedida por la Reina de Inglaterra. Zubiaurre realizó algunos modelos o maquetas de las bombas que fueron enviados con su criado a Madrid donde se probaron en el Palacio Real ante Felipe II enviándo-

65 IGLESIAS GÓMEZ, 2010, 282.

66 GARCÍA TAPIA, 2003, 189-197.

67 GARCÍA TAPIA, 2003, 155.

se a Bilbao y Sevilla para estudiar su instalación. El criado vendió su modelo a otros pero fue sorprendido por el anticipado regreso de Zubiaurre a España que consiguió privilegio de invención en Valladolid por treinta años para él y sus herederos el 18 de octubre de 1603⁶⁸.

Retomando la tecnología minera y metalúrgica vemos que no existía transferencia tecnológica en un solo sentido, de Europa hacia América, sino que también la había en el otro, del Nuevo Mundo a la península como muestra el ejemplo referido de Alonso Barba en Potosí y su obra *Arte de los metales* y que con lo aprendido y desarrollado en el Nuevo Mundo fue llamado por el Rey a la península para mejorar las explotaciones mineras.

Uno de los más significativos casos de transferencia de tecnología a la inversa fue el del adelantado de México Juan de Oñate y Salazar (1552-1626), natural de Zacatecas, aventurero, militar, conquistador⁶⁹ y empresario minero que fue nombrado inspector general de minería para toda España en 1624 y para ayudarse en el cargo hizo traer a 6 indios expertos fundidores y afinadores⁷⁰ y a su sobrino Cristóbal de Zaldívar, empresario minero experto, dejando claro que en aquellos años la minería de México era muy superior a la de la península. Gracias al trabajo realizado por Oñate se redactaron las *Nuevas leyes y ordenanzas, hechas por su Magestad el Rey Don Felipe ... Que con orden y mandato de la Real Junta de Minas de estos reynos, y a expensa de Don Juan de Oñate...*, Madrid, (Luís Sánchez) 1625.

6. CONCLUSIONES

Como conclusión decir que sorprende pensar que un Imperio tan extenso como el español se moviera de forma eficiente como una maquinaria bien engrasada si no fuera por la voluntad de acción de las personas que habitaban cada localidad dentro de las fronteras de la Monarquía, constituyendo una densa red de relaciones sociales e intereses.

La tecnología, como hemos visto, no es sólo un conjunto de técnicas que mejoran nuestra vida y solucionan cualquier necesidad planteada por la sociedad sino que es un sistema cultural completo imbricado de forma plena en la sociedad y su análisis nos permite conocer las necesidades, consecuciones y voluntad política de las clases dirigentes de esa sociedad que diseñaron las soluciones a las necesidades planteadas.

La tecnología es, por tanto, una construcción social y ayudó a potenciar la voluntad y el alcance de las personas que forjaron el Imperio.

68 GARCÍA TAPIA, 2003, 156.

69 AGI "Solicitud: Juan de Oñate: socorro descubrimiento Nuevo México" PATRONATO, 22, R.4, 1581.

70 AGI, "Real Cédula a las justicias de Nueva España para que no pongan impedimento para traer 6 indios fundidores y afinadores para ayudar a la visita de las minas que está realizando Don Juan de Oñate, adelantado de Nuevo México". INDIFERENTE, 451, L. A8, F.132-132V, 1624.

BIBLIOGRAFÍA

- AYALA CARCEDO, Francisco Javier y PUCHE RIART, Octavio, "Notas sobre la minería y metalurgia españolas en la época del Imperio", *Boletín geológico y minero*, Vol. 106, N° 2, 1995, pp. 82-94.
- CASTILLO MARTOS, Manuel y LANG, Mervyn Francis, *Grandes figuras de la minería y metalurgia virreinal*, Cádiz, Servicio Publicaciones UCA, 2006.
- CASTILLO MARTOS, Manuel, "Estudio bibliográfico de los últimos veinticinco años de historia de la transferencia de ciencia y tecnología entre Europa y la América Virreinal", *Llull*, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, Vol. 26, N° 56, 2003, pp. 399-428
- CASTILLO MARTOS, Manuel, "Plata y revolución tecnológica en la América virreinal", Luís Español González, José Javier Escribano Benito, María Ángeles Martínez García (Coords.), *Historia de las ciencias y de las técnicas*, Vol. 1, 2004, pp. 79-104, Recoge los contenidos presentados a: Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas. Congreso n° 8. 2002. Logroño.
- FRANCO SILVA, Alfonso, "El alumbre murciano", en *Miscelánea Medieval Murciana*, 1980, pp. 237-272.
- FRANCO SILVA, Alfonso, *El alumbre del Reino de Murcia. Una historia de ambición, intrigas, riqueza y poder*, Murcia, Real Academia Alfonso X el Sabio, 1996.
- GARCÍA TAPIA, Nicolás, *Patentes de Invención Españolas en el Siglo de Oro*, Madrid, Oficina Española de Patentes y Marcas, 1994.
- GARCÍA TAPIA, Nicolás, *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*, Junta de Castilla y León, 2003.
- HÅRD, Mikael., and JAMISON, Andrew, *Hubris and Hybrids. A cultural History of Technology and Science*, New York and London, Tylor & Francis, 2005.
- IGLESIAS GÓMEZ, Laura María, *La transferencia de tecnología agronómica de España a América de 1492 a 1598*, Madrid, Ministerio De Industria, Turismo y Comercio, Oficina Española De Patentes y Marcas, 2010.
- LACUEVA MUÑOZ Jaime J. y CUNILL, Carolina, "Intereses transatlánticos en la explotación del alumbre de Metztitlán (1535-1548)", *Estudios de historia novohispana*, Volumen 43, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, 2010. pp. 19-50.
- LANG, Mervyn Francis, "Azoguería y amalgamación. Una apreciación de sus esencias químico-metalúrgicas, sus mejoras y su valor tecnológico en el marco científico de la época colonial", *Llull*, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, Vol. 22, N° 45, 1999, pp. 655-674.
- MAFFEI, Eugenio y RÚA FIGUEROA, Ramón, *Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos y artículos, impresos y manuscritos, relativos al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y á las ciencias auxiliares: Comprenden la mineralogía y geología...*, Volumen 1, Madrid, Impr. de J. M. Lapuente, 1871.
- MENIZ MÁRQUEZ, Catalina, "Aportación andaluza a la minería del Nuevo Mundo. Amalgamación de metales", TORRES RAMÍREZ, Bibiano y HERNÁNDEZ PALOMO, José J. (coords.), *Andalucía y América en el siglo XVI*, ac-

- tas de las II Jornadas de Andalucía y América, [celebradas en la] (Universidad de Santa María de la Rábida, marzo, 1982), Vol. 1, 1983, pp. 413-426.
- SÁNCHEZ FLORES, Ramón, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, México, Fomento Cultural Banamex, 1980.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, Julio, *De minería, metalúrgica y comercio de metales: La minería no férrica en el Reino de Castilla, 1450-1610*, Volumen 1, Instituto Tecnológico Geominero de España, Universidad de Salamanca, 1989.
- SERRANO BRAVO, Carlos, *Historia de la Minería Andina Boliviana (Siglos XVI-XX)*, Potosí, UNESCO, 2004.
- SERRANO, Carlos, "Problemas de contaminación y salud en la época colonial", *De Re Metallica*, 5, Madrid, Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, 2005, pp. 73-85.