UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE HISTORIA

TESIS:
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA MINERÍA DE ORO Y PLATA. REGIÓN CENTRO DE MÉXICO (1876-1911)

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN HISTORIA

PRESENTA:
LUZ JAVIER ZARAGOZA CRUZ

ASESOR:
DR. JOSÉ ALFREDO URIBE SALAS

MORELIA MICHOACÁN, JUNIO DE 2016.



Luz Javier Zaragoza Cruz, estudiante del PE Licenciatura en Historia, asociado al Cuerpo Académico-47 Historia de América, y vinculado a las líneas de generación y aplicación del conocimiento que cultiva el Dr. José Alfredo Uribe Salas: Historia de la Ciencia y la Tecnología e Historia Económica. Durante el periodo julio a diciembre de 2012, fue becario tesista en el proyecto de investigación 22.3 "Academia, Ciencia y Economía. El papel de los Geólogos en el desarrollo de México, siglo XIX", dirigido también por el Dr. José Alfredo Uribe Salas y aprobado por el Consejo de la Investigación Científica en el programa 2012.

A: Yolanda Cruz y Javier Zaragoza, mis queridos padres,
a mí querido hermano Gerardo y,
a mis cuatro abuelos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a los amigos y profesores que me brindaron su apoyo sincero. Este trabajo representa un resultado del esfuerzo físico y mental que he realizado, y sobre todo, a que a mi alrededor hay un círculo fraterno de familiares y amigos, que contribuyeron de alguna manera en la constitución de esta tesis.

En primer lugar doy gracias a mi gran familia, en especial a mis padres y a mi hermano, que han sido parte intrínseca de mi desarrollo humano y profesional, son base primordial de este trabajo académico. También agradezco considerablemente a la familia Romero Paniagua: a Angélica Paniagua y Agustín Romero, y a sus hijos Ivan, Diego y Juan quienes me han demostrado su apoyo y afecto de forma entrañable.

Agradezco el sustento incondicional de mis amigos; especialmente de mi gran amiga Yummeri Guzmán, por su apoyo moral e incontables consejos, además de los momentos grandiosos en la universidad; a Ulises Orozco por la estimable amistad vivida; a mi estimada amiga Andrea Villanueva por leerme y dedicar tiempo valioso.

Gracias a mi asesor, el Dr. José Alfredo Uribe Salas, que es parte fundamental del trabajo, a quien agradezco mucho la invitación a investigar en estos vastos campos de la Historia de la Ciencia y de la Tecnología e Historia Económica. También por las oportunidades, motivación, consejos, observaciones, regaños, y sobre todo, la enseñanza que me ha compartido, y a quien guardo con alta estima. Asimismo agradezco a mis sinodales que dieron lectura puntual y sugerencias sustanciales a esta investigación: Dra. Teresa Cortés Zavala, Dr. Jorge Silva Riquer y Lic. David Lorenzo Santoyo, gracias.

En general agradezco el aprendizaje de todos los profesores que me formaron a lo largo de la carrera; a nuestra Casa de Estudios: Facultad de Historia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Todos y cada uno de ustedes es para mí un gran ser humano, al cual debo respeto y alta estima. Por su aportación y calidez hacia mi persona les expreso mi gratitud.

RESUMEN

Se explica a partir de la Historia Económica e Historia de la Ciencia y la Tecnología, el proceso de acoplamiento de novedades de ciencia, tecnología e innovación en la industria minera de oro y plata, en particular la región centro de México durante el Porfiriato. Se matiza el proceso de cambio de la minería mexicana, que va de una actividad tradicional, transita a una práctica moderna. Se argumenta, la noción de "fractura estructural" de la minería mexicana que se dio a partir de la modificación de cada una de las cualidades que constituyen la operación y producción minera. Finalmente se argumenta a través de tres empresas de la región, la bonanza en la producción de oro y plata gracias a la ciencia, tecnología e innovación. A la vez se rescatan dos pormenores de carácter reflexivo respecto a los efectos producidos por la modernización minera regional mexicana.

PALABRAS CLAVE: Ciencia, tecnología, innovación, minería tradicional, minería moderna.

ABSTRACT

This is explained from the Economic History and History of Science and Technology, the coupling process of new science, technology and innovation in the mining industry of gold and silver, particularly the central Mexico region during the Porfiriato. The process of change of the Mexican mining, which is a traditional activity, transitions to a modern practice is qualified. It is argued, the notion of "structural fracture" of Mexican mining that occurred after the modification of each of the qualities that constitute the operation and mining production. Finally it is argued through three companies in the region, the boom in the production of gold and silver through science, technology and innovation. At the time two reflective character details regarding the effects of the regional mining modernization Mexican redeemed.

KEYWORDS: Science, technology, innovation, traditional mining, modern mining.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 8
I. Planteamiento del problema 8
II. Justificación y estado de la cuestión 12
III. Objetivos 18
IV. Hipótesis 19
V. Metodología 21
VI. Estructura 24
1. MINERÍA MEXICANA: SU FRACTURA ESTRUCTURAL, EL MERCADO METALÍFERO Y LA POLÍTICA DE REACTIVACIÓN ECONÓMICO-MINERA 26
1.1. Fractura estructural de la minería mexicana 29
1.1.1. Devaluación argentífera y la dinámica del mercado de los metales 44
1.1.2. Asociaciones en beneficio de la minería 45
1.2. La plata mexicana a la deriva del mercado de metales 57
1.2.1. Del bimetalismo al monometalismo 59
1.2.2. El fenómeno cíclico de la plata 61
1.3. Políticas porfirianas, la apertura a capitales extranjeros 62
1.3.1. Legislaciones mineras 64
1.3.2. La entrada de capital extranjero a la minería mexicana durante el Porfiriato 71
2. INNOVACIÓN EN LA MINERÍA Y METALURGIA AURO-ARGENTÍFERA MEXICANA 82
2.1. Las vías férreas y la electricidad como promotoras del desarrollo minero 86
2.1.1. Origen y desarrollo del ferrocarril y conexión minera 86
2.1.2. Electricidad, innovación de la fuerza motriz en la producción minero-metalúrgica 96
2.2. Minería: de la práctica tradicional a la moderna 106
2.2.1. Técnicas y tecnologías tradicionales en la extracción mineral 108
2.2.2. Innovación en la actividad extractiva 112
2.3. Metalurgia: del beneficio tradicional al moderno 117
2.3.1. Ciencia e innovación en los métodos tradicionales: Fundición, Amalgamación por patio y por toneles 119
2.3.2. Cianuración: ciencia, tecnología e innovación en el beneficio auro-argentífero 133
3. REGIÓN CENTRO DE MÉXICO: UN ESTUDIO COMPARADO ENTRE LOS DISTRITOS MINEROS DE PACHUCA-REAL DEL MONTE, GUANAJUATO Y EL ORO-TLALPUJAHUA, A TRAVÉS DE SUS EMPRESAS 143

3.1. Región central: la importancia minera de los distritos de Pachuca-Real del Monte, Guanajuato y El Oro-Tlalpujahua 155
3.1.1. De tradición minera (plata y oro) del centro a descentralización geográfica (y diversificación mineral) 160
3.1.2. La continuidad de la zona centro en la producción auro-argentífera 162
3.2. El Oro-Tlapujahua, Guanajuato y Pachuca-Real del Monte, a través de las empresas: *Compañía Minera Las Dos Estrellas*, *The Guanajuato Reduction and Mines Company* y la *United States Smelting, Refining and Mining Co.*, al contraste 167
3.2.1. Transición empresarial decimonónica hacia la modernidad del siglo XX 167
3.2.2. *Compañía Minera Las Dos Estrellas*, *The Guanajuato Reduction and Mines Company* y la *United States Smelting, Refining and Mining Co.*, su formación y sus incorporaciones científico-tecnológicas 180
3.3. Rendimiento y eficiencia: ciencia, tecnología e innovación en la minería (1876-1911) 186
3.3.1. De la tradición a la modernidad: productividad y producción 186
3.3.2. Balance final: ¿qué compañía o distrito minero adoptó mejor los agentes modernizadores a favor de su producción? 196
CONCLUSIONES 213
I. Modernización de la minería de oro y plata del centro de México, ¿un éxito local? 213
II. Minería regional: ¿un efecto paradójico inevitable? 221
III. La ciencia y la tecnología como factores del bienestar humano (hombre local), a partir de la experiencia histórico-minera de la región central de México 228
LÉXICO DE MINERÍA REGIONAL 236
ANEXOS 238
Anexo 2.1 238
Anexo 2.2 240
LEY MINERA Y DE IMPUESTO A LA MINERIA 240
REGLAMENTO DE LA LEY DE IMPUESTO A LA MINERIA 242
FUENTES 243
Bibliografía: 243
Obras contemporáneas al Porfiriato: 243
Obras modernas: 243
Hemerografía: 250
Fuentes electrónicas: 252

INTRODUCCIÓN

I. Planteamiento del problema

Heródoto de Halicarnaso indagó, recopiló y redactó; es decir, historió, y a la vez, filosofó. Es considerado –al menos en el hemisferio occidental- como el primer historiador. Así se originó lo que hoy se conoce como el oficio de historiar.[1] Históricamente, conocemos que el griego Heródoto escribió el primer volumen historiográfico occidental, en el siglo V a.n.e. Su obra se compone por nueve tomos, cada uno en honor a las musas de la Mitología griega, que son precisamente nueve.[2] De la forma que Heródoto es para los historiadores, eso mismo debemos ser –los historiadores- para la sociedad actual, una Piedra Angular. Un referente, el cual proporcione una reconstrucción histórica con el objetivo de aclarar las sombras de un pasado sinuoso, y que hoy define nuestro presente.

Así el historiador, habrá atendido lo examinado por Enrique Florescano: "Dotar a un pueblo o a una nación de un pasado común, y fundar en ese origen remoto una identidad colectiva, es quizá la más antigua y la más constante función social de la historia. Se inventó hace mucho tiempo y sigue vigente hoy día. Como dice John Updike, el historiador sigue siendo el especialista de la tribu que tiene el cargo de contarle a los demás lo que todo grupo necesita saber: '¿Quiénes somos? ¿Cuáles fueron nuestros orígenes? ¿Quiénes fueron nuestros antepasados? ¿Cómo llegamos a este punto o a esta encrucijada de la historia?' Esta función primordial explica el atractivo tan grande que tiene el relato histórico y su audiencia vasta, continuamente renovada".[3] En este sentido, es que los historiadores hacemos de esta disciplina el medio para reconstruir y dar sentido, de hecho, al mundo y al presente.

Una vez establecida la pretensión primordial, se da paso al tratado de esta investigación, para ello se parte de la siguiente interrogante: ¿Ciencia, tecnología e

[1] Jorge Ordóñez Burgos, "Heródoto: ¿Un clásico de la Historia de Occidente? Reflexiones en torno a la historiografía del pensamiento", *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, Ciudad Juárez, México, vol. 16, núm. 32, Julio-diciembre, 2007, p. 210.

[2] "El mundo conocido por los griegos. Heródoto, el padre de la Historia", *National Geographic España*. [En línea]
http://www.nationalgeographic.com.es/articulo/historia/grandes_reportajes/7687/herodoto_padre_historia.html [Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2015].

[3] Enrique Florescano, "La función social del historiador", *Revista Vuelta*, vol. 19, núm. 218, Enero 1995, p.15.

innovación en la minería? En efecto, se hace esta tesis para exponer un proceso secuencial y, a la vez, ligado. Se alude con ello a la ciencia, tecnología e innovación como agentes complementarios o derivados uno de otro, aplicados al proceso de producción de oro y plata (minería). Uno de los propósitos es analizar cómo el conocimiento teórico y la técnica (entendida como conocimiento práctico) fueron benéficos para el auge minero del Porfiriato. Con se infiere que los conocimientos teórico-prácticos contenidos y emanados por la ciencia y la tecnología, que a su vez generan innovación, son elementales para la economía de tiempo y costos de la productividad y producción.

Sin embargo, también es pertinente preguntarse, ¿Con qué objetivo el ser humano ha invertido tiempo y materia en investigación y experimentación de forma incansablemente en el desarrollo de tales agentes de evolución? Una de las primeras respuestas es: con el apoyo de la ciencia y la tecnología se busca resolver problemas tangibles que generan en el ser humano fatiga y un estado de no bienestar, por lo tanto, encausado en esta línea, el desarrollo científico y tecnológico está, o, debe estar encaminado teóricamente a eliminar todo aquel obstáculo teórico o material que aqueja al hombre. El plan sugiere proporcionar bienestar al ser humano, y por lo tanto, crear una sociedad menos conflictiva a nivel material, que se expresa en problemas de orden colectivo: económico, social y político. De esta magnitud es la importancia del desarrollo científico y tecnológico en la evolución material, en la cual queda implícita la minería. O bien se podrá cuestionar que dichos agentes de resolución no son gestionados apropiadamente.

Es elemental que tanto esta resolución como la pregunta se mantengan a lo largo de la tesis, pues por medio de la historia también se tiene que cooperar en la búsqueda profunda del bienestar último del hombre. Para tal reflexión se alude a la denominación moldeada por Robin George Collinwood sobre la historia, que según él, es el "auto-conocimiento humano… [lo cual indica que] conocerse a sí mismo significa conocer lo que se puede hacer, y puesto que nadie sabe lo que puede hacer hasta que lo intenta, la única pista para saber lo que puede hacer el hombre es averiguar lo que ha hecho. El valor de la historia, por consiguiente, consiste en que nos enseña lo que el hombre ha hecho y en ese

sentido lo que es el hombre".[4] Por lo tanto, esta tesis, busca contribuir en el discurso histórico como un resultado y, un esfuerzo más, por mitigar sus problemas que mucho han recaído, o, se han puesto sobre los avances científico-tecnológicos como agentes de resolución.

Esto es un hecho actual, y por ende, una cuestión histórica, pues mucho nos dice y nos comprometen las concepciones de Collinwood y Florescano sobre la responsabilidad del historiador. Ante tal entramado histórico, ¿qué papel juega la minería? ¿Cuál es la relación de la actividad minera con la ciencia y la tecnología? Con atención a la primera interrogante, se puede decir que la minería es la base de la gran estructura material construida por el ingenio humano, de la cual goza el mundo "entero" desde hace milenios. ¿Qué se entiende aquí por estructura material? Todo aquel bien o servicio material producto del procesamiento de minerales, en el cual su resultado es muy vasto y variado. Desde la obtención de metales (ya sean preciosos o de uso industrial) para crear dinero, maquinarías diversas, construcciones múltiples, infinidad de aparatos tecnológicos, etcétera. Con ello quiero decir, que la estructura material y económica depende en mayor proporción de los derivados de la minería. Y con alusión a la segunda pregunta: se diría que, la minería es la fuente de insumos para el desarrollo mismo de la ciencia y la tecnología. Es decir, la actividad minera es el alimento (material) para la construcción de múltiples dispositivos, herramientas, etcétera, que se van moldeando según las necesidades evolutivas para la práctica científica y desarrollo tecnológico. En concreto, la relación que se establece entre minería y ciencia-tecnología es reciproca, estás últimas requieren de insumos mineros, y a su vez, la minería se modula según las tendencias científicas y requerimientos tecnológicos. Cuestión que se ha de matizar a lo largo de este trabajo.

Y en tal sentido, es pertinente preguntar desde este punto de la tesis: ¿Cómo se conjuntan ciencia y tecnología en la minería, con relación a la explicación histórica o la historia en sí? A ello se responde de forma muy simple. Todo (ciencia-tecnología-innovación y minería) forma parte de un ente, empero de forma fragmentada, para ello se requiere una vinculación que se establece como un puente que une dos latitudes, y este puente, o, punto de unión es el hombre (es decir, la historia); pues tanto como la ciencia y

[4] Extracción en: Enrique Florescano Mayet, "Para qué estudiar y enseñar la historia", *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, Morelia, Michoacán, México, Instituto de Investigaciones Históricas/UMSNH, núm. 35, Enero-junio 2002, p. 135.

la tecnología moldean la minería, a la vez la minería sustenta a estas en gran medida. Puesto que la historia es (según el pensamiento de Collinwood) "auto-conocimiento humano…" entonces se debe inquirir lo que hemos hecho como humanidad, para lograr una evolución apropiada. Es plantear y poner en el campo real, nuevos retos y enfoques que nos permitan experimentar la novedad, y por lo tanto, nuevos resultados, o en su menor esfuerzo, tomar en cuenta lo que nos ha hecho involucionar y lo que nos ha hecho crecer como humanidad, a partir del análisis histórico.

Véase en este trabajo la búsqueda de una reconstrucción histórica en vías de valorar el papel que tuvo el rubro minero a partir de la aplicación científico-tecnológica, o mejor dicho, el papel que tuvo la ciencia y la tecnología en el progreso minero, cuestión que se atiende en un segmento de tres niveles. En primer momento, la minería como columna del desarrollo económico mexicano; en segundo lugar, derivado de la aplicación rigurosa de la ciencia y la tecnología a la minería, se busca mostrar qué mutaciones y beneficios tuvo en determinado periodo histórico; y como tercer estancia, contrastar los resultados ocurridos en la minería regional mexicana, motivados por agentes organizacionales (empresas), los cuales se valieron de la ciencia y la tecnología para su beneficio económico, o bien, ¿fueron un notable avance para la región central mexicana? Dicha contrastación permitirá, precisamente, distinguir aquello que se ha generado un aporte benéfico en el pasado y, lo que debemos descartar como factor de retroceso humano. Esto se tratará de evidenciar al destacar los aportes que incentivaron el progreso, ya sea económico o de modernización tecnológica, y a la vez, se destacan los efectos negativos generados por la minería, sobre la región

Para ampliar los planteamientos de esta tesis, sería viable referir a Castillo Martos, que expresa la importancia y función elemental que ha tenido la ciencia. En uno de sus textos se lee que "la ciencia siempre ha cumplido una función social, cuyas características y posibilidades han evolucionado en la medida en que las exigencias del desarrollo social han creado las condiciones y los medios para ello. Como resultado de esta evolución, la ciencia ha ido diferenciándose en cada período histórico del anterior".[5] En este sentido, también la

[5] Manuel Castillo Martos, Investigador en el Área Historia de la Ciencia, Departamento Historia Moderna, Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Sevilla, Sevilla, España: Manuel Castillo Martos, "Ciencia, Técnica y ¿Felicidad?, Belem Oviedo Gámez, Miguel Iwadare Iijima y Marco A. Hernández Badillo (Coordinadores), *Patrimonio Industrial Minero. Nuevas Alternativas para una Gran Historia*, México,

minería como práctica económica, a co-evolucionado con la sociedad, es decir, en paralelo a las fases históricas. Otros investigadores también convergen en que desde hace siglos el desarrollo de la ciencia y la tecnología han venido acoplados a ritmos paralelos con la sociedad.[6]

Lo que indican, es que la evolución siempre depende del razonamiento lógico de la mente humana, la cual va definiendo los periodos históricos, y a la vez, va moldeando los medios teórico-prácticos para cubrir sus necesidades. En sí el estudio de estos agentes aparenta ser una complejidad, sin embargo, parece que es un asunto que se puede simplificar y resolver en la medida que se enfoque la investigación hacia el hombre, es decir, el papel que tiene la historia y por tanto el historiador es fundamental para el progreso actual de la sociedad. Esta idea tal vez no resulta muy explícita a lo largo de la tesis, pero sí se tiene la intensión de ilustrar en las conclusiones una valoración del estudio con relación al impacto histórico y social, tanto en el pasado como en el presente.

II. Justificación y estado de la cuestión

Ahora se da paso al asunto historiográfico en cuestión. Se inicia con la mención de una de las principales razones, por las que es importante hacer un trabajo sobre Historia de la Ciencia y la Tecnología (con relación a la Historia Económica). En el artículo presentado por Luz Fernanda Azuela y Rafael Guevara Fefer, titulado "La Ciencia en México en el siglo XIX: una aproximación historiográfica",[7] ilustran la necesidad de fomentar los estudios bajo esta línea dentro de la historia mexicana, sobre todo, en la historia de la ciencia en la temporalidad decimonónica. En conclusión apuntan que:

> […] la historiografía de la ciencia mexicana en general —y la del siglo XIX en particular— se ha desarrollado en tres grandes momentos. El primero agrupa las historias que elaboraron los científicos del pasado fin de siglo con el fin de legitimar su quehacer, integrándolo en el movimiento universal de la ciencia y dentro de la añeja tradición histórica de la que eran herederos. El segundo está conformado con los trabajos que se derivaron del proyecto de sistematizar los estudios históricos sobre la ciencia mexicana que se impulsó en los años sesenta, y que se nutrió del movimiento que estableció a la historia de la ciencia como

---

Archivo Histórico y Museo de Minería Asociación Civil, Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial-México, Offset Universal, 2010, p. 365.

[6] Manuel Medina y Teresa Kwiatkowska (coordinadores), *Ciencia, tecnología/ naturaleza, cultura en el siglo XXI*, España, Anthropos Editorial. Rubí, División de Ciencias Sociales y Humanidades/UNAM, 2000, p. 11.

[7] Luz Fernanda Azuela y Rafael Guevara Fefer, "La Ciencia en México en el siglo XIX: una aproximación historiográfica", *Asclepio. Revista de Ciencia de la Medicina y de la Ciencia, España*, CSIC, Vol. L-2, 1998, pp. 77-105.

> disciplina académica en otras latitudes. El tercero constituye la materialización de aquel proyecto en los primeros trabajos profesionales que se publicaron en México en los años setenta, y que sirvieron como punto de partida para la reformulación sobre la ciencia mexicana del siglo XIX, que comenzó a dar frutos en la última década.

Por lo tanto, queda abierta la invitación a emprender proyectos de investigación sobre el desarrollo científico de dicho siglo, esto no significa que ya se haya abordado de forma completa el estudio. Ya que el artículo de Azuela y Guevara se publicó en 1998, a la fecha (actualmente) el aumento de estudios sobre dicha línea histórica, es considerable, más no suficiente. Por eso, este trabajo se suma al entramado historiográfico que busca rescatar nuevos enfoques de reinterpretación y/o reconstrucción histórica de la ciencia en México, en este caso, aplicado en el campo minero.

El periodo que se estudia en términos de ciencia, tecnología e innovación aplicadas a la minería mexicana se enclava al momento histórico-político bien conocido como el Porfiriato. La preocupación de entablar esta investigación es precisamente para ver con mayor profundidad el papel que jugaron los conocimientos científicos y las innovaciones tecnológicas, en la dinámica del declive del precio de la plata en los mercados internacionales, del último cuarto del siglo XIX, suceso histórico-económico que socavó la estructura económica de México.

La minería de finales del siglo XIX y primera década del siglo XX, fue parte del proceso y fenómenos económicos que coinciden con el ascenso de Porfirio Díaz. Época distinguida por la preponderante intervención extranjera en forma de inversión (como expresión del imperialismo). "Recordemos de manera sucinta que la época dorada de la inversión extranjera en la historia de México y en América Latina, puede fecharse entre 1880 y 1914, momento en que se dio un impulso sin precedente a la modernización de la economía".[8]

¿Cuál sería entonces el propósito de hacer un estudio de dicho periodo sobre minería? En la historia de la minería mexicana encontramos estudios realizados, la mayoría, con enfoques de Historia Económica, Regional, Empresarial, Social, Geológica e incluso Geográfica, y en menor profundidad sobre Historia de la Ciencia y de la Tecnología. Es en esta última disciplina es con la que busca abordar un estudio sobre los mecanismos de producción y productividad minero-metalúrgica, que fueron revolucionados por la

[8] José Alfredo Uribe Salas, *Historia económica y social de la Compañía y Cooperativa Minera "Las Dos Estrellas", en El Oro y Tlalpujahua, 1898-1959*, México, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC-España), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2010, pp. 513-514.

incursión e inversión en ciencia, tecnología e innovación en beneficio de minería mexicana. Esta noción sería difícil explicar sin las referencias económicas del momento, por tanto, la tesis se desarrolla en una línea de investigación histórica sobre: ciencia y tecnología en el desempeño económico.

Esto a su vez causó un impacto en la "estructura de operación y producción minera", pues, motivó una "fractura estructural"; tenemos que de una actividad "tradicionalista" se da paso a una práctica "moderna" (cuestión que se fundamenta en la Hipótesis). Es por ello necesario cargar en alto grado la investigación a la Historia Económica, con la cual se explican las fluctuaciones económicas debidas a la dinámica del mercado de los metales, etc., etc. Pues, esto permeó directamente en la minería mexicana y motivó las acciones de gobierno y empresas que buscaban estabilizar la economía y el rubro minero nacional. En este sentido también la inversión monetaria que impulsó el desarrollo de dicha actividad tiene un papel importante en este escenario de cambio estructural. Por lo tanto, la tesis se fundamenta con la Historia Económica para explicar la relevancia e impacto de la Ciencia y la Tecnología que, a su vez, generaron innovación en la minería nacional. De esta forma se busco enfatizar la importancia de estos últimos agentes de cambio histórico (importante para el debate historiográfico de la Historia de la Ciencia y la Tecnología de México).

Antes de seguir con la cuestión y para fundamentar la línea de la Historia de la Ciencia (y la Tecnología), hay que citar rápidamente el origen de la disciplina de Historia de la Ciencia como disciplina independiente, que es parte de donde se fundamenta este trabajo, y por lo tanto, es menester apuntar la importancia y la necesidad de ahondar en estas líneas de investigación histórica. Según Castillo Martos, "en 1892 se crea en la Universidad de París la primera cátedra universitaria de Historia de las Ciencia se afirmaba que el desarrollo del propio saber científico creó las condiciones necesarias que hicieron posible ese salto cualitativo en la evolución de la autoconciencia de la comunidad científica que permitió convertir la Historia de la Ciencia en una disciplina independiente de aquellas otras Historias cuya personalidad en el ámbito cultural había sido ampliamente reconocida".[9] Esto significó tanto para los científicos como para historiadores un puente que acercó a dos continentes hasta entonces lejanos, y poner de manifiesto que la ciencia requiere de la

[9] Manuel Castillo Martos, 2010, p. 367.

historia para darse identidad y razón de existir, al mismo tiempo, la historia a través de la ciencia puede explicar con fundamentos teóricos la evolución humana.

Entonces se concluye que: "Lo ocurrido a finales del siglo XIX no ha sido otra cosa que el nacimiento de la autoconciencia de la ciencia, lo cual se completó cuando se logró delimitar, con cierta precisión, las características y los marcos del objeto de esta nueva rama del saber histórico, sus principios, sus problemas fundamentales y métodos de investigación".[10] Así se sentaron las bases de la Historia de la Ciencia, línea a la que se adscribe esta tesis.

Ahora bien, esta investigación se establece entre 1876 y 1911 (Porfiriato) en la comarca central de México, con los distritos mineros de: Pachuca/Real del Monte, Guanajuato y El Oro/Tlalpujahua. Esto a través de las empresas: *United States Smelting, Refining and Mining Co*. (USSR&MCO), *The Guanajuato Reduction and Mines Company* **y** *Compañía Minera Las Dos Estrellas*, respetivamente. Dichas compañías son comparadas en parámetros de inversión de capital, de la introducción y acoplamiento de ciencia, tecnología e innovación, a efecto de acrecentar la producción y hacer más eficiente la productividad. Y bien, ¿Cuál sería la importancia de ahondar en líneas de investigación a partir del enfoque de la historia de la ciencia? Una respuesta elemental sería la paráfrasis que hace Manuel Castillo Martos, al interpretar a Guerlac:

> El tema central de la historia de la ciencia es reconstruir la adquisición de conocimientos de ciencia, técnica y quizás sobre todo estudiar la ciencia como una actividad humana que surge, se desarrolla, se expande y es influida por el material del hombre tanto intelectual como espiritual.[11]

Posiblemente este sentido, un tanto distante de la óptica convencional, se pueda recuperar un legado histórico de forma más completa, sin embargo, se tiene primero que analizar con atención a lo estipulado en los objetivos de esta investigación, para poder despejar algunas cuestiones superfluas, en las cuales aun podemos encontrar lagunas.

Se intenta referir lo que se ha escrito, es decir, las obras que consideré básicas para desarrollar la investigación. Existen múltiples estudios especializados sobre historia de la minería mexicana, en distintas temporalidades y enfoques. Esta investigación parte del

[10] Manuel Castillo Martos, 2010, p. 367.
[11] Manuel Castillo Martos, 2010, p. 366.

análisis de obras de perspectiva general. Seguido de ello se hace énfasis en estudios particulares de tipo regional y/o empresarial.

En primer lugar hago alusión a las obras de corte general. Y en este rubro esta el trabajo elaborado por José María Ortiz Villajos, titulada: *Tecnología y desarrollo económico en la historia contemporánea. Estudio de las patentes registradas en España entre 1882 y 1935*.[12] En la cual se puede evidenciar la evolución científica y sobre todo tecnológica de los procesos de producción. Luego: *Estado y Minería en México (1767-1910)*[13], esta obra es indispensable para desarrollar está investigación, pues el trabajo resulta relevante en la cuestión de legislación minera promovida por el Estado. Velasco Ávila *et al*., muestran la predominante moderación del sector minero desde la esfera del gobierno centralista de Díaz, además de ser un periodo de incidencias, pues en dicha obra expone que: "Durante los últimos 30 años del siglo XIX y en la primera década del XX, se advierten cambios importantes en el sector minero. De una economía basada en la producción y exportación de monedas de plata, se transita a un modelo orientado a producción de minerales industriales. Dicha ruptura implicó un cambio definitivo e irreversible en la estructura de la producción".[14] Esta tesis se retoma para llevarla al campo de la Historia de la Ciencia y la Tecnología, puesto que en esta obra sus autores muestran elementos económicos y políticos fundamentales en el estudio de la historia minera. Es por ello que surge la preocupación de revisar que tanta eficacia e importancia tuvieron los agentes de ciencia, tecnología e innovación en la economía de producción de oro y plata.

Además de que el periodo porfirista resulta circunstancial en el rompimiento estructural de la producción minera, debido a que convergieron varios elementos en dicho fenómeno. Velasco Ávila *et al*., sostienen que "Casi se puede afirmar que la coherencia en el conjunto de medidas adoptadas en tiempos de Díaz fue resultante más de la coincidencia de la coyuntura externa e interna que impulsaba al país a incorporarse de una determinada manera al proceso internacional que de un plan preconcebido".[15] Ante esta idea, es que se

[12] José María Ortiz Villajos, *Tecnología y desarrollo económico en la historia contemporánea. Estudio de las patentes registradas en España entre 1882 y 1935*, España, Oficina Española de Patentes y Marcas, 1999.
[13] Cuauhtémoc Velasco Ávila, Eduardo Flores Clair, Alma Laura Parra Campos y Edgar Omar, Gutiérrez López, *Estado y Minería en México (1767-1910)*, México, FCE/Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión de Fomento Minero, Fondo de Cultura Económica, 1988.
[14] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 254.
[15] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 318.

busca reforzar dicha hipótesis, pues como no era plan preconcebido por el gobierno porfirista, se plantean los múltiples matices que redefinieron el cambio estructural.

Otra de las obras que permiten reconstruir el pasado y objeto en cuestión de esta tesis es, *Las venas de plata en la Historia de México. Síntesis de Historia Económica Siglo XIX*,[16] estudio que refiere en su longeva extensión, un entramado que precisamente refiere la evolución económica de México, en el siglo XIX. Por lo tanto es vital para esta investigación, pues Canudas Sandoval permite reforzar la idea de la estructura minera tradicionalista del siglo XIX, aunque se muestra poco incisivo ante la cuestión de la ruptura estructural de la minera tradicional. En esta obra el autor refiere cómo se originó y desarrolló la industria en diversos sectores, así como de todo elemento de carácter económico, obviamente en amplia referencia la actividad minera.

En segundo lugar se enuncian los estudios de enfoque regional y/o empresarial. En esta dinámica se citan por orden cronológico, en base al momento de introducción de la cianuración en la región central de México. Para el caso de El Oro-Tlalpujahua, se refiere la *Historia económica y social de la Compañía y Cooperativa Minera "Las Dos Estrellas", en El Oro y Tlalpujahua, 1898-1959*[17] (Compañía Minera "Las Dos Estrellas"). Esta última, es el estudio más completo que hay sobre la dicha empresa, por lo que es elemental su consulta. En el caso de Guanajuato con *The Guanajuato Reduction And Mines Company*, me baso en: *De empresa familiar a trasnacional minera. Guanajuato principios del siglo XX*.[18] Que relata puntualmente el asunto de evolución empresarial en el caso indicado. Y por último en el turno de Pachuca-Real del Monte, se refiere *Minería y tecnología: La compañía norteamericana de Real del Monte y Pachuca, 1906 a 1947*[19] (United States Smelting, Refining and Mining Co.). De estas tres obras, la que se enfoca y preocupa más por el asunto tecnológico, es la de Ortega Morel, quien rescata ampliamente parte de la historia de la tecnología de una de las empresas de mayor importancia histórica y productiva de la historia minera decimonónica y del siglo veinte. Estas son las obras de las que se parte para desarrollar el estudio.

---

[16] Enrique Canudas Sandoval , *Las venas de plata en la Historia de México. Síntesis de Historia Económica Siglo XIX*, vols. I, II y III, México, Editorial Utopía, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005.
[17] José Alfredo Uribe Salas, 2010.
[18] Oriel Gómez Mendoza, *De empresa familiar a trasnacional minera. Guanajuato. Principios del Siglo XX*, México, Instituto de Investigaciones Históricas, Facultad de Historia/UMSNH, 2007.
[19] Javier Ortega Morel, *Minería y tecnología: la compañía norteamericana de Real del Monte y Pachuca, 1906 a 1947*, Tesis doctoral, México, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras/UNAM, 2010.

III. Objetivos

El objetivo global de esta tesis es conocer el proceso de acoplamiento de novedades de ciencia, tecnología e innovación en la industria minera de oro y plata mexicana, en particular la región centro de México, durante el Porfiriato. Se busca matizar el momento o proceso de cambio de la minería mexicana, que se da de una actividad tradicional se muda a una práctica moderna. Matiz que se intenta culminar con el análisis de los distritos mineros de: Pachuca-Real del Monte, Guanajuato y El Oro-Tlalpujahua. Este estudio se establece a través de tres empresas (una por distrito), de relevante dinámica en la región central. Para ver cuál resultó con mayor eficacia en el proceso de cambio tecnológico y científico, reflejado en la producción y productividad; y a la vez, dimensionar el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación como agentes del bienestar social de la región.

De esta manera se apertura el siguiente entramado de interrogantes: ¿Cuáles fueron las causas que impulsaron la motivación de cambios en la forma de producción (oro y plata) minera mexicana? ¿Qué efecto tuvieron dichos cambios en las últimas décadas del siglo XIX? ¿El papel del gobierno fue efectivo en la depreciación de la plata? ¿Qué empresas mineras emprendieron medidas para el cambio estructural de la minería local y cuáles fueron esas medidas? ¿En qué consiste el cambio estructural de producción mineral? ¿Fueron la ciencia, la tecnología y la innovación elementos contundentes en la fractura estructural? ¿Qué técnicas, artefactos y métodos se transformaron o reemplazaron? ¿De las empresas en cuestión, cuál realizó mejor la introducción y adaptación de ciencia, tecnología e innovación (fuerza motriz por sangre, vapor, hidráulica, eléctrica; locomoción de sangre por vapor; métodos de beneficio: azogue, fuego, cianuro y otros; adecuaciones por los científicos de las ciencias terrestres)? ¿Qué resultados obtuvieron las empresas al realizar dichas incursiones, en materia de producción y productividad? Y ¿El Porfiriato fue un escenario de crisis o de auge minero en la producción de oro y plata, desde el estudio de las empresas en cuestión? ¿El Porfiriato fue realmente de política liberal o reguladora? Bajo estas preguntas se articula la investigación, en términos de comparación de las empresas referidas de la zona central de México.

Para responder a ello, se genera esta investigación que ha de exponer en su conjunto con los tres capítulos. En el primero se verán los factores externos e internos relacionados

al mercado, economía y política de fomento; en el segundo, se respalda la tesis con el análisis de la incorporación a la minería de ciencia, tecnología e innovación; y en el tercer capítulo se aluden tres casos específicos en términos de comparación, para corroborar la tesis respecto al cambio estructural en la minería mexicana.

Derivado de esta pretensión general, también se intenta particularizar en: Analizar la transformación en el proceso de producción a lo largo del siglo XIX, refiriendo brevemente los procesos antecesores y, así observar el cambio tecnológico hasta el momento. Asimismo analizar la dinámica del mercado de metales y su impacto en la segunda mitad del siglo XIX, como detonante de cambios en la minería local. De igual forma analizar el contexto del régimen Porfirista, su consolidación, políticas y efectos derivados de la inversión extranjera en el impacto de la ciencia, tecnología e innovación aplicada a la minería. Detectar los momentos de innovación tecnológica y científica en la actividad minera: sistemas de extracción, máquinas, métodos de beneficio, fuerza motriz, locomoción mineral, infraestructura y demás.

IV. Hipótesis

La minería mexicana se caracterizaba por su alta producción y distribución de monedas de plata desde la época novohispana hasta los primeros tres cuartos del siglo XIX. Dicha plata infló el mercado mundial y reafirmó la consolidación del Capitalismo. Empero, se producían y procesaban los minerales con sistemas de extracción y beneficio rudimentarios, que en su mayoría se aplicaban desde mediados del siglo XVI (sólo se acoplaron ligereas modificaciones a lo largo de las tres centurias), se define así una minería de operación tradicional. En las primeras décadas del México independiente (primera mitad del siglo XIX) se intensificaron los ánimos de innovación tecnológica, sin embargo, se pueden considerar como graduales sin romper el longevo esquema de producción minero. En el último cuarto del siglo decimonónico hubo un "rompimiento" en las prácticas y formas de extracción y beneficio de metales preciosos, que si bien no fue un fenómeno homogéneo, sí rasgó la estructura tradicional. Dicha ruptura se dio entre 1870 y 1911 (de forma gradual), o mejor conocido como el Porfiriato, donde la industria extractiva se define "parcialmente" como moderna.

Se parte de la noción de que la historia minera de México se puede dividir en dos grandes continentes: 1) minería tradicional, desarrollada durante la vida colonial novohispana hasta 1870; 2) minería moderna, que se define (gradualmente) durante el régimen porfirista. Dicha división es con base en la operatividad y producción de minerales, para ello basó mi teoría en el concepto de "fractura estructural". Para lo cual primero se define la "estructura" a la que se busca plantear. Se teoriza la "estructura de las formas de operación y producción minera". ¿Qué se quiere decir concretamente con este concepto? Para ello se esquematiza la idea en cuatro categorías (de análisis) y, que a la vez, son la esencia de lo que se define como "estructura":

1. **Influencia del contexto internacional, del Estado y organismos de iniciativa privada (inversión):** se incluye en esta categoría el contexto histórico internacional como factor de influencia externa, además el contexto interno con las leyes y demás políticas a favor de la minería, y a la vez, la influencia de las instituciones y las empresas en el desempeño económico-minero.
2. **Modo de operación:** se refiere con ello a las prácticas y métodos (incluye las nociones científicas mineras y disciplinas vecinas) que se aplican desde la extracción hasta el beneficio de los minerales de oro y plata. La "ciencia y la técnica" son elementales en este segmento.
3. **Nivel de tecnología:** engloba los artilugios que se utilizan desde la extracción hasta el beneficio del mineral. Asimismo la efectividad de dicha "tecnología".
4. **Profundidad de innovación:** con ello se hace alusión al nivel de impacto (innovación incremental o radical) que generan las categorías anteriores en la producción de oro y plata, es decir, que tanta "innovación" se produce con relación a la bonanza de la minería auro-argentífera.

Con estos cuatro niveles de análisis se define la noción de "estructura de las formas de operación y producción minera". La minería mexicana vista como un ente universal, se fragmenta en dos amplios continentes (momentos históricos), que se distinguen como tradicional y moderno (como explica arriba). ¿Y qué es lo que produce la división (históricamente) de la minería mexicana? precisamente esa es la tarea de esta tesis, exponer "la ruptura estructural" que generó dicha fragmentación. Esto con base en la definición de "estructura" antes expuesta con las categorías. Es decir, la "fractura estructural" de la minería se dio a partir de la modificación de cada una de las cualidades que constituyen la "estructura de las formas de operación y producción minera". Dicha modificación estructural y su bonanza en la producción de oro y plata se debe a la ciencia, tecnología e innovación.

V. Metodología

Con respecto a los fundamentos anteriormente referidos, se intenta reconstruir y explicar el cambio cualitativo y cuantitativo de la minería mexicana que se expresa con el reemplazo de tecnologías, técnicas y métodos científicos tradicionales por otros más novedosos y eficientes suscitados de las innovaciones. Para el tratado de esta investigación se toman algunos de los preceptos de José María Ortiz Villajos, con relación a la introducción, adaptación y mejoramiento de la infraestructura confinada a la optimización de la producción minera en el México del Porfiriato; ya que el autor establece un patrón bien definido sobre el trato del desarrollo científico-tecnológico aplicados a distintas tareas, pero a la vez, enfatiza en la cuestión del cambio tecnológico como proceso de mejora, en la cual se adosa esta tesis.

Primero, Ortiz Villajos establece que "El cambio tecnológico puede definirse como el proceso de producción dirigido a aumentar la productividad. De otra manera, se podría decir que es el cimiento o mejora de la *capacidad tecnológica*, que es el nivel técnico que hace posible a una empresa, industria o país producir bienes y servicios con una determinada calidad y competitividad".[20] Ante esta concepción se busca identificar, distinguir y dimensionar los momentos y elementos científico-tecnológicos traídos en la época de Díaz, que trajeron consigo un nuevo auge minero, y a la vez nuevos retos y "beneficios" para las regiones mineras en México.

Es por eso que esta investigación contrasta –al final- tres casos: 1) Pachuca-Real del Monte, a través de la *United States Smelting, Refining and Mining Co*.; 2) Guanajuato, con *The Guanajuato Reduction and Mines Company*; y 3) El Oro-Tlalpujahua, a través de *La Compañía Minera "Las Dos Estrellas"*. La lógica es observarlos de forma particular en los parámetros establecidos en este apartado introductorio. En efecto, se consideran otros factores dependientes, como la riqueza mineral que tenía cada distrito, en la situación geográfica en que se sitúan, cuestión que influyó en la eficiencia de las aplicaciones técnicas, científicas y tecnológicas. Sin embargo, es sugerente decir que, el distrito -o mejor

[20] José María Ortiz Villajos, *Tecnología y desarrollo económico en la historia contemporánea. Estudio de las patentes registradas en España entre 1882 y 1935*, España, Oficina Española de Patentes y Marcas, 1999, pp. 38-39.

dicho la empresa- que acopló mejor la ciencia y la tecnología, fue el que mayor bonanza obtuvo en términos de producción y eficiencia en productividad.

Para precisar un poco más los parámetros de la investigación, se debe considerar que al hablar de tecnología, se busca ser más trascedente respecto de los artefactos –sin menospreciarlos- y dar mayor apertura a la aportación científica o empírica trasformada en tecnología. ¿Cómo se define tecnología? La "tecnología significa aplicación sistemática del conocimiento científico u otro conocimiento organizado a tareas prácticas. Los componentes de la tecnología son: 1) un resultado deseado (la solución de un problema o el desarrollo de un nuevo producto), y 2) un conjunto organizado de actividades, esto es, los recursos y el procedimiento que contribuyen a alcanzar el resultado".[21] Bajo este parámetro se entiende el concepto de tecnología.

Otro de los conceptos que se debe referir aquí es el de: innovación o innovación tecnológica como sinónimo de cambio tecnológico, para ello se toma en cuenta la siguiente ecuación lineal: ciencia + tecnología + idea (Idea + Desarrollo) = innovación.[22] Entonces se deduce que, la innovación tecnológica surge a raíz de artefactos o procesos (de producción) anteriores que son insuficientes en la solución de un problema, o en alguna tarea aplicada. Por ello surge la Idea (Investigación + Desarrollo) que viene a traer mejoras sustanciales o bien cambios radicales –es aquí donde surge la innovación-. Respecto a la productividad y producción, se manejarán como resultado de las innovaciones tecnológicas en los distritos mineros de la región central de México.

En una acepción más específica, ¿cómo se efectúa la teoría del concepto de innovación tecnológica a este trabajo? A raíz de la anterior definición, se establece una dualidad categórica en la concepción de innovación tecnológica: a) innovaciones incrementales, y b) innovaciones radicales. Una innovación incremental refiere a la sustitución o modificación de una simple función o de algún mecanismo (artefacto-

[21] E. Sánchez y C. J. Vázquez Ordás, "El proceso de innovación tecnológica en la empresa", *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, España, vol. 2, núm. 1, 1996, p. 29. [En línea] http://www.aedem-virtual.com/articulos/iedee/v02/021029.pdf

[22] Manuel Ruiz González y Enrique Mandado Pérez, *La innovación tecnológica y su gestión*, Barcelona, España, MARCOMBO, 1989, p. 15. [En línea] http://books.google.com.mx/books?id=_Bj0RD6_spIC&printsec=frontcover&dq=innovacion&lr=&redir_esc=y#v=onepage&q=innovacion&f=false

máquina), que si bien no es tan notorio, si brinda una mejora y cierta sustentabilidad. En cambio, una innovación radical, infiere –desde esta óptica-, una modificación contundente en un proceso (principalmente productivo) más complejo, es decir, puede generar una alteración tan efectiva que puede modificar estructuras en los sistemas de alguna producción o las formas de operar de una empresa –tecnológicamente hablando.[23]

Por ejemplo: en este estudio se puede distinguir una innovación incremental suscitada en el proceso de amalgamación por patio, específicamente, en la etapa de molienda: la mecánica depende de morteros para el granceo [*sic*], en el siglo XIX sufre una innovación. Se sustituyen los morteros por molinos chilenos, la diferencia y contundencia difieren ligeramente. En este momento surge una mejoría –es por ellos que algunos autores insisten en que el beneficio con azogue no tuvo grandes modificaciones en más de tres siglos-.[24] Esta incorporación tecnológica en la etapa de molienda, es un claro ejemplo de una innovación incremental.

Por otra parte, una innovación radical en esta investigación es por ejemplo: en el proceso de producción metalúrgico nacional que, durante siglos se basó en la "amalgamación por patio", y es hasta la implementación del sistema por "cianuración" cuando el proceso de beneficio (de producción metalúrgica) sufre una fuerte transformación en su dinámica productiva. Ya que no solo se sustituyeron máquinas o ciertas funciones, sino, trajo consigo toda una infraestructura de producción basada en nuevas tecnologías. Dicha innovación radical se fundamenta en las aportaciones tanto científicas como tecnológicas, visto esta que una planta de cianuración es por mucho más compleja que una hacienda de beneficio. En este sentido, se percibe que la minería tradicional es desplazada

[23] Es importante dejar en claro que, la fuente que refiero para respaldar la explicación de *las innovaciones incremental y radical*, es simplemente como referencia de apoyo, y ejemplificar su aplicación y no es de extracción ni reproducción de la información que yace en la siguiente fuente: María José Sánchez Bueno, *El Proceso Innovador y Tecnológico. Estrategias y apoyo público*, España, NETBIBLIO, 2008, pp. 6-9. [En línea] http://books.google.com.mx/books?id=pz1vRJ-mhVEC&pg=PA7&dq=innovacion+incremental+y+radical&hl=es&sa=X&ei=aHqFU-LcD8OAogTXpIDwBw&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=innovacion%20incremental%20y%20radical&f=false [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2014].

[24] En algunas obras se puede decir, que evidencian sin querer, la diferencia entre las innovaciones, y de que las innovaciones profundas ocurrieron siglos más tarde, y sólo por manifestar algunos ejemplos: Enrique Canudas Sandoval, *Las Venas de Plata en la Historia de México. Síntesis de Historia Económica. Siglo XIX*, México, Utopía, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Vol. I, 2005, pp. 535-536; José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp.210-251.

al incorporar el nuevo y radical sistema de beneficio. Por lo tanto, la primera planta a base de cianuro, inicia con la consolidación de una minería moderna suscitada en el Porfiriato.

Ya se expuso cómo se definen los conceptos de tecnología e innovación, ahora quiero ilustrar la concepción de ciencia para el desarrollo de esta investigación. Para ello citaré nuevamente a Castillo Martos, ya que encuentro en su noción una óptica más amplia al respecto:

> […] la ciencia no sólo es un modelo fiable del conocimiento racional, que puede convertirse en el fundamento de una concepción universal del mundo y la vida humana, sino que la ciencia y la técnica se han convertido de hecho en una fuerza productiva directa que genera riqueza, en un factor socio cultural, en una fuerza moral, de la que depende en gran medida el desarrollo futuro de la sociedad, que es lo mismo que decir los destinos de la civilización […] Si examinamos en formas tan específicas del conocimiento como es la ciencia, hay una evolución desde su génesis en la antigüedad, donde se presenta unida a la filosofía y a la religión, hasta la separación radical en la ciencia clásica de la época moderna, en la que se impone el principio de objetividad y se considera que el verdadero saber científico sólo puede alcanzarse cuando se logra eliminar la influencia o presencia del sujeto en las conclusiones que la ciencia ofrece como resultado del acto cognoscitivo, es decir, en las verdades científicas.[25]

Por lo que expone Castillo Martos, el concepto ciencia, implica un enfoque más amplio pero a la vez incisivo en la cuestión. Sin duda, a la investigación sobre historia de la ciencia en México, aún es muy limitada en cuanto a postular grandes retos y/o proyectos para el presente y que tengan base sólida, la ausencia de formulación de teorías propias (innovación y adaptación apropiada), también explica mucho el rezago en materia científica en el país.

VI. Estructura

En el primer capítulo, se expone el contexto histórico, pero a la vez, se argumenta la "fractura estructural" que sufrió la minería tradicional mexicana. De forma puntual se detectan los elementos principales que dieron paso a la coyuntura en la minería mexicana. Así mismo, modelo un esquema de cómo se dio la evolución del cambio estructural minera, es decir, la transición de una minería tradicional a una moderna. En el segundo capítulo, expongo los elementos científicos, técnicos, tecnológicos que interactuaron en la minería en

[25] Manuel Castillo Martos, 2010, p. 366 y 368.

cuestión, que a su vez proyectaron innovación en la estructura de producción. Es pues la historia de la evolución científica que terminó definiendo el comportamiento mundial de una actividad de trascendencia histórica y fundamental para el progreso material del hombre, la minería. En particular, se hace énfasis en los métodos de beneficio más importante de la historia minera mexicana, el de "amalgamación por patio" y el de "cianuración", fueron factores elementales en la producción de oro y plata en la región central. En el tercer capítulo, se analiza el cambio tecnológico en los sistemas de beneficio de la minería de plata y oro de Pachuca-Real del Monte, Guanajuato y El Oro-Tlalpujahua, durante el Porfiriato. Se estudia de manera comparada las particularidades y diferencias en el sistema de beneficio de plata y oro por amalgamación y cianuro, con sus rendimientos diferenciados. Por último, la relación entre innovación o cambio tecnológico y productividad en los espacios mineros indicados, a través de las empresas más predominantes de la zona, a fin de medir el éxito del acoplamiento de agentes científico-tecnológicos en la actividad minero-metalúrgica.

1. MINERÍA MEXICANA: SU FRACTURA ESTRUCTURAL, EL MERCADO METALÍFERO Y LA POLÍTICA DE REACTIVACIÓN ECONÓMICO-MINERA

Es público y notorio que el subsuelo de México
contiene inagotables masas de metales
preciosos, especialmente plata.
C. C. Becher[26]

En México, la minería ha sido desde la época colonial hasta nuestros días (con el petróleo), la columna principal de la economía, ya que "Por más de 470 años, la explotación de los metales preciosos, los minerales industriales, los no metálicos y los combustibles ha sido la base de la economía nacional".[27] Sin embargo, para el asunto exclusivo de la minería de oro y plata, en el último cuarto del siglo XIX, la actividad minera mexicana sufrió una transformación cualitativa y cuantitativa. La economía resintió cambios elementales que dieron pie a la diversificación de actividades productivas, este fenómeno descentralizó la producción minera. Durante el Porfiriato el rubro minero fue crisol de la incorporación y experimentación de agentes científicos y tecnológicos de novedad mundial, que se expresaron como una innovación radical en las formas de producción minero-metalúrgica.[28]

Los progresos científicos de la minería corrieron casi en paralelo con el desarrollo mundial de las Ciencias de la Tierra (siglo XIX), como efecto se economizó tiempo y costo en la exploración y explotación de recursos minerales y/o energéticos.[29] En este sentido, con este trabajo se busca exponer un enfoque más minucioso sobre la "modernización minera", con el objeto de identificar elementos que enriquezcan el amplio debate

[26] C. C. Becher, *Cartas sobre México. La República Mexicana Durante los años decisivos de 1832 y 1833*, México, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de México, Traducción del alemán: Juan A. Ortega y Medina, 1959, p. 205.
[27] Inés Herrera Canales y Eloy González Marín, "Los ciclos de la minería mexicana", *Artes de México. Una Visión de la Minería*, México, Número 86, Octubre 2007, p. 77.
[28] Cuauhtémoc Velasco Ávila, Eduardo Flores Clair, Alma Laura Parra Campos y Edgar Omar Gutiérrez López, *Estado y Minería (1767-1910)*, México, Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión de Fomento Minero, Fondo de Cultura Económica, 1988, pp. 254-285.
[29] En esta obra podemos apreciar cómo a partir de la profesionalización de hombres en Ciencias de la tierra, para el caso de México, fue en parte un factor de avance científico y por tanto tecnológico en los campos mineros del país. El autor nos muestra un análisis sobre los ingenieros mexicanos que se formaron entre el siglo XIX y primeras décadas del siglo XX, si bien el volumen de egresados no es muy relevante, nos atrevemos a decir que, sí coadyuvaron en el desarrollo científico-tecnológico de la minería y por tanto su innovación. Véase el texto de: José Alfredo Uribe Salas, "La formación de ingenieros en México: siglo XIX", Jorge Silva Riquer (coordinador), *Entre la Interpretación Histórica y el Discurso Filosófico. Resultados de Investigación*, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tomo I, 2009, pp. 97-117.

historiográfico de la historia minera en México. Tarea que se desarrolla desde las perspectivas de la Historia de la Ciencia y la Tecnología y la Historia Económica.

Ilustración 1: *Clasificación de minerales.*[30]



Diseño propio.

En este primer capítulo se expondrá el escenario coyuntural de la minería mexicana, en el contexto del Porfiriato. La investigación parte de la hipótesis sobre una "fractura estructural" surgida como un proceso gradual de la actividad minera a partir de la década de 1870, que terminó acentuándose en los primeros diez años del siglo XX, con un marcado énfasis en el seguimiento del metal argentífero (plata) y áureo (oro). En este periodo, se desarrolló un cúmulo de factores –sobre todo externos a México-, que se encaminaron a amplificar el mundo del metal; dichos sucesos forjaron una coyuntura, a la que se denomina: "fractura estructural de la estructura de las formas de operación y producción minera", la cual trazó una "diferenciación" de la minería mexicana en dos grandes momentos históricos.

[30] Esta ilustración se basa en el esquema expuesto por el INEGI [en línea]: http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/mineria/default.aspx?tema=E

Se conoce que la minería mexicana se distinguía por su relevante producción y distribución de monedas de plata, así como por efectuar sistemas de extracción y beneficio rudimentarios, que en su mayoría se aplicaban desde mediados del siglo XVI (sólo acoplando ligeras modificaciones a lo largo de tres centurias), definiéndola así como tradicional; al originarse la coyuntura en el espacio de 1870 a 1911, o mejor conocido como Porfiriato, la minería y la metalurgia pasaron de prácticas tradicionalistas a una industria de corte moderno, es decir, labores enriquecidas con las novedades científico-tecnológicas de la época. A este fenómeno de innovación "radical" se comprende como el diseño de un nuevo esquema de producción minera, denominada "moderna".

El negocio minero se transformó, desde el modelo de administración, negociación, volumen de inversión, modo de operación, etcétera; esto originó un nuevo patrón en el sector minero, que como bien se sabe, se impulsó por la capitalización extranjera de los centros mineros de tradición. Ahora bien, no se puede aislar el preponderante papel que ejerció el gobierno porfirista, con su política de fomento la cual promovió facilidades a los empresarios extranjeros. Dejó a expensas de los gigantes capitalistas de la época, las enormes riquezas minerales y otros rubros (de riquezas naturales) explotables. La hipótesis sostiene que dichos factores obligaron al sector minero a incorporar medidas radicales (se produce una ruptura estructural), por tanto se apoyaron de la introducción y acoplamiento de ciencia y tecnología. Esto generó una innovación radical en el proceso minero-metalúrgico, sin esto, la política económica del Porfiriato, así como las inversiones hechas por los empresarios hubieran fracasado.

Para esta tesis los asuntos de ciencia, tecnología e innovación son capitales, pues estos conforman –hipotéticamente- el éxito del campo práctico de la minería moderna mexicana. Pero antes de pasar a analizar dichos agentes, primero se enfocará –en este primer apartado-, a contextualizar el escenario producido entre los años de 1870 y 1910, a partir de la dinámica de los metales en el mercado mundial, para luego ver cómo el gobierno porfirista actuó ante tal fenómeno económico. Para ello hay que interrogar: ¿Cuáles fueron las causas que impulsaron a hacer cambios en la forma de producción (oro y plata) minera mexicana? ¿Qué efecto tuvieron dichos cambios en las últimas décadas del siglo XIX? ¿El papel del gobierno fue efectivo ante la depreciación de la plata? ¿Es,

entonces realmente este periodo una ruptura en la producción minero-metalúrgica tradicional? en este sentido es que se desarrollará el primer capítulo.

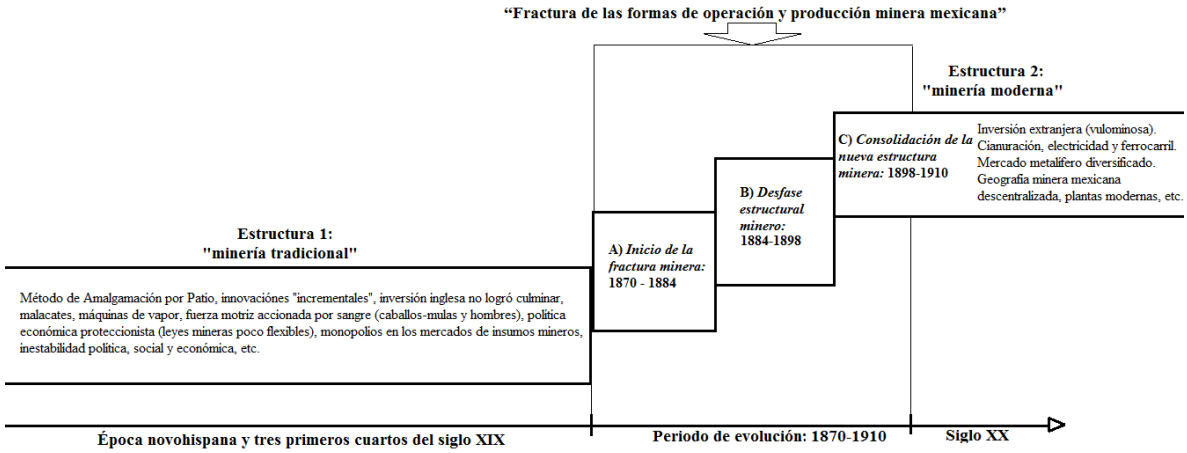
1.1. Fractura estructural de la minería mexicana

Se parte de la premisa que históricamente en la minería mexicana –después de la época precolombina- se distinguen dos momentos: El primero, es a partir de la conformación de la Nueva España (segunda y tercera década del siglo XVI) hasta los primeros tres cuartos del siglo XIX, a este longevo periodo se le distingue como "minería tradicional"; el segundo momento, es a partir del arribo del régimen porfirista (que ocurrió de forma gradual) hasta la actualidad, y se le denomina "minería moderna". Dicha dicotomía histórica minera es con base al análisis de la operatividad y producción de minerales-metales. Para explicar dicha diferenciación se asienta la teoría en el concepto de "fractura estructural", para ello, primero hay que definir cuál es la "estructura" a tratar. En la Hipótesis se plantea la "estructura de las formas de operación y producción minera".

¿Qué se quiere decir concretamente con este concepto? Con ello se refiere al cúmulo repetitivo de elementos que articulan y dan constitución a una actividad durante un momento histórico, en este caso el desempeño minero. Entonces, la "estructura de las formas de operación y producción minera" la articulo con el siguiente cuadro analítico: *1) Influencia del contexto internacional, del Estado y organismos de iniciativa privada (inversión):* se incluye en esta categoría el contexto histórico internacional como factor de influencia externa, además el contexto interno con las leyes y demás políticas a favor de la minería, y a la vez, la influencia de las instituciones y las empresas en el desempeño económico-minero. *2) Modo de operación:* se refiere con ello a las prácticas y métodos (incluye las nociones científicas mineras y disciplinas vecinas) que se aplican desde la extracción hasta el beneficio de los minerales de oro y plata. La "ciencia y la técnica" son elementales en este segmento. *3) Nivel de tecnología:* engloba los artilugios que se utilizan desde la extracción hasta el beneficio del mineral. Asimismo la efectividad de dicha "tecnología". *4) Profundidad de innovación:* con ello se hace alusión al nivel de impacto (innovación incremental o radical) que generan las categorías anteriores en la producción de oro y plata, es decir, que tanta "innovación" se produce con relación a la bonanza de la minería auro-argentífera.

Con base en este marco de análisis es que se configura la noción de "estructura de las formas de operación y producción minera". La minería mexicana vista como un ente universal, se fragmenta en dos amplios continentes (momentos históricos), que se distinguen como tradicional y moderno ¿Y qué es lo que es lo que produce la división (históricamente) de la minería mexicana? precisamente esa es una de las tareas primordiales con esta tesis, exponer "la ruptura estructural" que generó dicha fragmentación de forma escalonada o gradual. Para que la concepción quede mejor explicada, se anexa el próximo esquema en el cual expongo gráficamente la evolución de la minería mexicana con base en el concepto de "fractura estructura" (antes definido).

Esquema 1: *Esquema gráfico de la evolución minera mexicana, 1870-1910.*[31]



Diseño propio.

Una vez asentada la teoría de la "fractura estructural" a la que se refiere con estricto trato de la minería y bajo el cuadro de análisis estipulado, hay que hacer la diferenciación de ambos momentos históricos de la minería mexicana. Para ello se comenzar por exponer cómo se articuló la "minería tradicional" y cómo la "minería moderna"; asimismo argumentar porque la época de inversión británica de 1820 en adelante, no logró culminar una longeva etapa de operatividad y producción de metales preciosos. Pues no significó un "cambio radical", con ello no se sugiere que el férreo intento por modernizar y hacer eficiente la producción de oro y plata quedará sin resultados.

[31] El presente ordenador gráfico se basa en el esquema (*Proceso gradual de evolución minera: de la tradicional a la moderna*) de la página 82 de este primer capítulo. Véase para mayor comprensión.

En este sentido se explica la conformación de la minería tradicional. La relevancia de la minería de las colonias españolas fue tan influyente en el siglo XVI para España, que reconfiguró el esquema económico-social, de un modelo feudal se transitó a un capitalismo embrionario.[32] "La colonización del vasto territorio descubierto y bautizado como Nueva España, corrió paralela y al ritmo de los hallazgos de oro y plata, fue una colonización amalgamada a la minería".[33] Por otra parte: El monarca ibérico en turno de la conquista americana Carlos V, le tocó lidiar en las primeras décadas del siglo XVI con Martín Lutero. Monje que se reveló en contra de las prácticas de los jerarcas de la Iglesia Católica de la época, cuestión que puso en "jaque" al catolicismo. Por lo tanto, Carlos V tuvo que estructurar una contrarreforma (a fin de apaciguar el naciente protestantismo), a la que invirtió buena cantidad de dinero. Este suceso le causó un gran desgaste económico a la Corona española.

Además, ligado a este escenario conflictivo se adhiere la deuda con los banqueros de Alemania (con Fugger y Welser), endeudamiento generado por concepto del financiamiento político-familiar, para optar por la corona alemana en 1519. Entre otros elementos negativos que se acumularon, al ya complicado contexto político-económico español. Este cúmulo de problemas obligó a Carlos V a emitir una Cédula en 1526, para dar libertad de explotación de metales preciosos, y así sanar la frágil economía española, además de pagar las deudas a los banqueros alemanes.[34] Todo esto evidencia la importancia de la actividad minera en tierras americanas para la corona ibérica desde un principio. A partir de dicho momento se comenzó a configurar una minería tradicionalista, convirtiéndose en el sostén económico español.

Aunque la problemática se concentraba en el núcleo del gobierno peninsular, "la Corona española dejó en manos de los particulares la búsqueda, la explotación y el financiamiento de los riquísimos yacimientos de plata, se reservó para sí el monopolio de la venta del mercurio y el derecho de acuñar la moneda y controlar la exportación del metal.

[32] Juan Manuel Menes Llaguno, *Bartolomé de Medina: Un sevillano pachuqueño*, México, Miguel Ángel Porrúa, 1989, p. 18.
[33] Enrique Canudas Sandoval, *Las venas de plata en la Historia de México. Síntesis de Historia Económica Siglo XIX*, vol. I, México, Editorial Utopía, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005, p. 142.
[34] Enrique Canudas Sandoval, 2005, pp. 18-19.

La producción anual de plata acuñada era de unos cinco millones de pesos en promedio. Solamente al finalizar la Colonia aumentó a cerca de 20 millones al año".[35]

Por tal motivo, se estipula en esta tesis dos periodos de distinción para la minería en su historia, primero, en un aproximado temporal, del primer momento que se constituye por poco más de trescientos años. Se puede tomar como punto de referencia la segunda década del siglo XVI, ya que "entre 1522 y 1525 se descubrieron las minas de Zumpango, Sultepec y Tlalpujahua, mejor dicho, fueron los primeros minerales trabajados por los españoles"[36] y más tarde, en "1546-1548, entraron en producción las minas de Zacatecas y Guanajuato, las de Pachuca en 1551, el Fresnillo en 1554, Durango en 1570 y San Luis Potosí en 1591, luego, a principios del siglo XVIII, las de Chihuahua, Sonora, Arizona, Nuevo México; y en 1772, en la falda occidental del picacho de la barriga de plata, el Catorce".[37] Al respecto Modesto Bargalló registró el orden cronológico sobre el descubrimiento de vetas minerales en "[…] Zacualpan, Zumpango (Gro.), Sultepec (1530), Taxco (1534 ?) [*sic*], Tlalpujahua, Amatepec (1538), Zacatecas (1548), La Luz (Gto.), 1548, Guanajuato (1550), Pachuca (1552), Real del Monte (1552), Temascaltepec (1555), entre las más importantes".[38] Aunque los registros cronológicos distan uno de otro según el autor, lo importante es destacar la activación de la minería bajo los cánones de los españoles durante el siglo de la Conquista.

Con estos descubrimientos la producción de plata novohispana comienza a figurar en la economía y comercio internacional. Así se prolongó hasta el punto de inicio del "quiebre estructural", que se comienza a dar a partir de la década de 1870. Dicho lapso (segunda década del siglo XVI a la década de 1870) se caracteriza por una "minería tradicional", ésta, debido a diversos elementos que conformaron la producción –principalmente- de plata en la región centro de México.

A manera de paréntesis, dentro del cuadro analítico formulado, la ciencia, la tecnología y la innovación tienen preponderante importancia, pues estos son –en gran parte- los elementos que van ayudar a redefinir un nuevo patrón, siempre y cuando, estos

[35] José Giral B., Sergio González P. y Eduardo Montaño A., *La industria Química en México*, México, redacta, 1978, pp. 4-5.
[36] Enrique Canudas Sandoval, 2005. p. 185.
[37] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 185.
[38] Modesto Bargalló, *La Química Inorgánica y El Beneficio de los Metales en el México Prehispánico y Colonial*, México, Quincuagésimo aniversario fundación de la Facultad de Química/Universidad Nacional Autónoma de México, 1966, pp. 74-75.

produzcan una cambio cualitativo y cuantitativo, de modificación radical. Uno de los elementos que caracterizó a etapa tradicional fue la Amalgamación por patio, el cual pronto fue descubierto y aplicado en la época novohispana. Véase por ejemplo que para la primera década del siguiente siglo (XVII) el descubrimiento del método mexicano de Beneficio de Patio, ya proporcionaba adelantados resultados en su aplicación y operación en algunas minas del centro. Obsérvese la siguiente tabla donde se expone el caso de la zona de Real del Monte, con relación a la temprana consolidación minera y metalurgia tradicional:

Tabla 1: *Haciendas de Beneficio producción minera en la Región de Pachuca y Real del Monte. (1610).*

Reales de minas	**Haciendas de beneficio**	**ingenieros en operación**	**Ingenios equipados con energía hidráulica**	**Mazos en actividad**	**Kilogramos molidos de mineral**	**Ingenios equipados con fuerza animal**
Pachuca	23	30	15	180	7,744,800	15
Real del Monte	27	37	26	312	19,177,600	7
Real de Atotonilco El Chico	8	8	8	96	5,900,800	----
Totales	58	75	49	588	32,823,200	22

Fuente: Rubén Darío Núñez Altamirano, *Las pequeñas y medianas empresas mineras del centro de México frente a la depreciación de la plata. El caso de la región de Pachuca y Real del Monte. (1873-1910)*, Tesis de Maestría, Morelia, Michoacán, México, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2006, p. 171.

Recordemos que la conquista española se caracterizó por dos agentes de apropiación territorial, que fueron minería y evangelización: "la primera se constituyó como factor económico vital en esa gran empresa, en tanto que la segunda fue la justificación de mayor peso para afirmar la hegemonía hispánica en estas tierras".[39] A partir de la puesta en práctica de estos elementos de colonización, y enfocados en el rubro minero, la plata vivió un longevo periodo de auge, pues su colocación en el mercado de metales a nivel mundial fue relevante. "La plata novohispana representaba el 68% de la producción mundial, y la minería proporcionaba trabajo a unos 45 mil hombres, dispersos en aproximadamente 3 mil

[39] Juan Manuel Menes Llaguno, 1989, p. 17.

minas a través de un amplio territorio".[40] Mientras que, entre 1850 y 1876 el porcentaje de producción minera había sufrido una modificación geográfica: San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Zacatecas (región norte) sumaban el 46% de la producción total; Guanajuato, Hidalgo y Michoacán (región centro) conjuntaban el 38% del total; y otros estados conformaban el 16%, lo cual indica el desplazamiento parcial fuera de la región minera tradicional, es decir, del centro.[41] La minería tradicional, a demás se distinguía[42] por su volumen de producción y economía en la productividad, así como por cuestiones de ciencia, tecnología y técnica de lenta innovación, o mejor dicho, sólo por innovaciones incrementales. También es importante marcar que la minería tradicional se vincula estrechamente a la región central del país.

Estos elementos articularon una minería arraigada a lo rudimentario, con pocos resultados en innovación radical, sin embargo, no se puede descartar que la innovación estuviera presente en todo este periodo tradicionalista, ya que hubo múltiples intentos por renovar y hacer más eficiente la producción y la productividad minera. Dichos ánimos buscaron revolucionar la actividad, pero sólo estribaron en modificaciones superficiales o parciales.[43]

Dentro del periodo de la minería tradicional, se dio una coyuntura que repercutió –sobre todo- en la cuestión político-económica. De hecho son dos intentos que se van a amalgamar en un gran esfuerzo por innovar las operaciones y formas de producción minera.

---

[40] María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, "La minería (1821-1880)", Ciro Cardoso (coordinador), *México en el siglo XIX (1821 - 1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1980, p. 119.

[41] Francisco Calderón, "La República Restaurada. La vida económica. La minería", Daniel Cosío Villegas (Coordinador), *Historia Moderna de México*, México, Hermes, 1993, p. 120.

[42] La amonedación sobre todo de la plata fomento el modelo tradicionalista de producción minero; véase aquí el origen de la moneda mexicana: <<La moneda metálica acuñada empezó a conocerse y a circular en México en la tercera década del siglo XVI. Durante la primera etapa de la conquista, los españoles que llegaron al Nuevo Mundo tuvieron que usar las pocas monedas castellanas que traían consigo y los medios de cambio que utilizaban los indígenas tales como el cacao, cuencas de jade o jadeíta conocidas como *chalchihuis*, mantas de algodón o *patolcuachtli*, cañones de pluma de pato rellenos de polvo de oro y hachuelas o tajaderas de cobre en forma de letra tau griega. De hecho, el cacao subsistió como medio de cambio en algunos lugares del sureste de México hasta principios del siglo XX. Mientras se usaban los medios de cambio indígenas, los conquistadores una buena cantidad de oro y plata del nuevo continente. Posteriormente, con estos metales se hicieron los primeros intentos de imitar la moneda metálica europea. Se fundieron discos de una aleación de oro y cobre (pesos de tepuzque), cuyo peso correspondía al de un castellano (moneda española); de ahí se originaría, años después, la unidad monetaria de México y otros países latinoamericanos, el PESO.>> En: *Historia de la moneda y del billete en México*, México, Banco de México, Septiembre 2014, p. 2-3.

[43] Para mayor referencia, consúltese: Alma Parra, "Elementos locales y extranjeros en la configuración tecnológica de la minería mexicana", *Istor. Revista de Historia Internacional. Historia de la Minería*, Núm. 56, Año XIV, México, Primavera de 2014, pp. 141-163.

Una son, las Reformas Borbónicas[44] y otra es la ola de inversión gestada por los ingleses en las primeras décadas del México independiente. Respecto a las primeras, se buscó enmendar la economía, pues "pusieron en práctica a través de instituciones importantes el Tribunal de Minería y el Banco de Avío".[45] Con estos organismos la metrópoli buscaba reorganizar su aparato político-económico y alcanzar la anhelada modernización.

En concreto, uno de los fines de la política económica borbónica era liberar el comercio, lo cual tendría como reflejo el desarrollo industrial de España. Si bien hubo crecimiento económico, no resultó conforme lo planteado.[46] La circulación ultramarina se intensificó entre las colonias españolas y Europa, empero, no significó que todo estaba bajo control ibérico, pues:

> Por otra parte, el contrabando y la piratería influyeron de manera creciente en el tráfico ultramarino, en la medida que los barcos ingleses, holandeses y franceses aumentaron sus incursiones en el Atlántico y en la América hispánica. Las flotas españolas fueron en general incapaces de enfrentar a los veloces y bien armados barcos piratas, así como los gobiernos de las posesiones españolas no tuvieron capacidad para vigilar estrictamente sus extensas costas. El comercio del Atlántico sufrió también los problemas derivados de los conflictos bélicos, particularmente a partir de 1793.[47]

Eso en el contexto externo, pero continuando con el asunto interno respecto a la minería, José de Gálvez como "visitador recomendó a Madrid la aplicación de diversas medidas para animar la producción la producción a través de la política de fomento ejercida por el Tribunal de Minería y el Colegio".[48] En este rubro había varias cosas que regular: desde la Casa de Moneda, el Consulado Mexicano, el comercio de metales, el precio del azogue, los impuestos a la minería, etc. Con la creación del *Real Tribunal de Minería* (que

---

[44] <<Es sabido que el último tercio del siglo XVIII constituye un periodo de ruptura en la vida económica de la Nueva España, debido a que la llegada de los Borbones al poder en la península implicó la instrumentación de una política liberal que tuvo efectos muy positivos en la economía novohispana.>> Armando Kuri Gaytán, "En torno a los orígenes de la industria en México", Francisco Javier Rodríguez Garza (coord.), *Protoindutrialización, industrialización y desindustrialización en la historia de México*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, Casa abierta al tiempo, 2009, p. 85.

[45] Leonor Ludlow Wiechers, "El Consulado de México y el comercio de la plata ante las Reformas Borbónicas", Inés Herrera Canales (coordinadora), *La Minería Mexicana. De la Colonia al siglo XX*, México, Instituto Mora, 1998, p. 47.

[46] David A. Brading, "El mercantilismo ibérico y el crecimiento económico en la América Latina del siglo XVIII", Enrique Florescano (compilador), *Ensayos sobre el desarrollo económico de México y América Latina*, México, Fondo de Cultura Económica, 1979, p. 297.

[47] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al.*, 1988, p. 64.

[48] Leonor Ludlow Wiechers, 1998, p. 66.

existió de 1777 a 1826) se pretendía impulsar la economía minera, dicha institución creó un *Banco de Avío*[49] (creado en 1784), el cual, al breve tiempo:

> "[…] el Banco reunió y colocó 1 204 903 pesos en más de 20 empresas diversas, recobró plata por valor de 509 394 pesos y perdió entonces 702 000 pesos", sumas fabulosas para aquella época. El fondo fue un fracaso en cuanto al avío de minas, que era uno de los principales motivos de la existencia del Tribunal. Sin embargo, siguió acumulándose y sirvió principalmente para solventar los gastos corrientes del Tribunal, para formar el Seminario de Minería –con su lujoso edificio-, y para donar y prestar dinero a la Corona. Desde 1777 hasta 1808, los adeudos del Rey al Tribunal de Minería llegaron a sobrepasar los 3 000 000 de pesos, entre donativos, préstamos no pagados e intereses que el cuerpo abonaba por la hipotecas que tuvo que hacer del fondo para cubrir las reales exigencias. Estas erogaciones a favor de la Corona acabaron sumiendo al Tribunal en serios problemas.[50]

Esto mermó los esfuerzos por reposicionar la situación económica de la minería, y la creación del *Real Semanario de Minería* hasta 1792.[51] Aunque la conformación de los organismos de economía y educación es una cuestión positiva en el periodo finisecular del XVIII y primeros años del siglo XIX, no ocurrieron con la efectividad que se hubiese deseado, para las necesidades de la época. "El Colegio [Real Seminario de Minería] no pudo dotar a la minería de un número suficiente de cuadros adiestrados técnicamente: los conocimientos impartidos estaban muy disociados de la práctica y la mayoría de los egresados tenía un bajo nivel de preparación".[52] Esto en los albores de su origen, que si bien en este contexto hay un gran ánimo por impulsar el desarrollo científico y tecnológico de la minería novohispana, sin embargo, no se logró romper con la operatividad y formas de producción minera tradicionales. En tanto que las reformas borbónicas "Visto en conjunto la modernización del sistema colonial y el crecimiento espectacular del comercio, sólo contribuyeron a reforzar la hegemonía mercantil de los países que se industrializaban rápidamente, sobre todo Inglaterra".[53] Con respecto a la hipótesis, se pondera que dicha coyuntura, aunque buscaba reorganizar y mejorar la política-económica borbónica, y que en cierto grado sí lo logró, no se reflejó como factor de innovación radical en "las operaciones y formas de producción minera mexicana", no pudieron mutar considerablemente para establecer una "fractura estructural".

---

[49] La función de este nuevo organismo económico era la de recaudar los impuestos del sector minero, con el objetivo de crear un fondo, y así emprender nuevos proyectos que coadyuvaran el progreso económico.
[50] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al.*, 1988, p. 75.
[51] José Alfredo Uribe Salas, 2002, p. 105.
[52] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al.*, 1988, p. 75.
[53] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al.*, 1988, p. 64.

Luego tenemos la coyuntura de la revolución de Independencia, que atrajo posteriormente a los ingleses una vez consumada la guerra de separación colonial, es decir, a partir del México independiente. Pero, ¿cuál era la situación económica de las primeras décadas del siglo XIX? "[…] durante las primeras tres décadas de vida independiente, las estructuras sociales y económicas de México, si bien sufrieron cambios sustanciales, siguieron conservando muchos de los rasgos esenciales del sistema colonial […]".[54] Lo anterior no sería ajeno para el ámbito minero, pues incluso para en términos de innovación científico-tecnológica era precaria.

Uno de los impedimentos encaminados a la innovación minera de finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, se debe en gran parte a la monopolización de los Murphy, sobre la importación de insumos mineros e incluso de la exportación de la plata. Se tiene que la familia Murphy, y en particular la figura de Thomas Murphy[55] va a ser una limitante para el desarrollo libre de la industria minera local. Pues Murphy y su familia tenían influencia sobre la toma de decisiones en el Tribunal de Minería e incluso competía con otros empresarios, siendo la familia Murphy un gran obstáculo para el progreso minero.[56] Dicho monopolio coadyuvó en la permanencia de "las operaciones y formas de producción minera tradicional" durante gran parte del siglo XIX.

Por otra parte, ¿qué ocurrió con el periodo de inversión inglesa gestada entre 1820 y 1840 (aproximadamente)? ¿Por qué la inversión extranjera de este momento no logró romper el esquema "tradicional minero"? a estas interrogantes se responde con la siguiente referencia:

> […] las empresas mineras británicas resultaron un fracaso para los inversionistas ingleses, pues ninguna –con excepción de la United Mexican Mining Association- logró amortizar el capital invertido. Este fracaso se debió a múltiples factores que

[54] Este capítulo es de autoría de todos los que participan en la presente obra, "Características fundamentales del período 1821-1880", Ciro Cardo (coord.), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 10ma. ed., 1992, p. 52.

[55] <<… comerciante, perteneciente a una familia que mantenía vínculos de negocios con puertos norteamericanos, del Caribe y europeos, asentado en el puerto de Veracruz y para nuestros fines, quien despachaba la tienda de la exportación de plata y la importación de mercurio.>> Eduardo Flores Clair, "La industrialización minera durante la guerra de Independencia, las bombas de la paz y la reconciliación", Francisco Javier Rodríguez Garza (coord.), *Protoindutrialización, industrialización y desindustrialización en la historia de México*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, Casa abierta al tiempo, 2009, p. 73; <<En 1820 Thomas Murphy, un prominente comerciante irlandés que se había convertido en uno de los más importantes beneficiarios en el ramo comercial durante la guerra de independencia en México…>> Alma Parra, "Elementos locales y extranjeros en la configuración tecnológica de la minería mexicana", *ISTOR. Revista de Historia Internacional*, México, Año XIV, Núm. 56, Primavera 2014, p. 148.

[56] Eduardo Flores Clair, 2009, pp. 73-79.

> de alguna manera hemos ya apuntado: subestimación del capital requerido para la rehabilitación de las minas, mal estado de las mismas, concentración de esfuerzos en minas antiguas –relegando a un segundo término las obras nuevas más productivas-, inadecuación de una tecnología importada a la infraestructura existente, inestabilidad política del país, etcétera.[57]

Bajo este contexto, no hay un campo fértil para que la explotación minera se desarrollara con éxito, mucho menos que lograra desplazar las longevas prácticas rudimentarias, pero seguras. En gran parte se debe a la falta de un desarrollo interno de la industria mexicana en sí misma, pues incluso, Lucas Alamán dijo en la década de 1830 que:

> […] la República para ser rica y feliz, necesita ser fabricante, y que no siéndolo, su agricultura quedará reducida á la languidez y á la miseria, á fuerza de abundancia, los tesoros arrancados a las entrañas de la tierra, pasando inmediatamente de las minas de donde salen á los puertos en que se embarcan, solo servirán para demostrar con este rápido e improductivo tránsito, que la riqueza no es de los pueblos á quienes la naturaleza concedió las ricas vetas que producen los metales preciosos, sino de los que por su industria saben utilizar estos y multiplicar sus valores […].[58]

Esta expresión denuncia con viabilidad histórica, la carencia de la consolidación de una industria nacional competitiva, y por ende, quedando vulnerable a los insaciables apetitos de las empresas trasnacionales. Claramente en los próximos años de la centuria decimonónica no se pudo concretar dicha añoranza –al menos no en los primeros tres cuartos del siglo XIX-. En este escenario de desventaja para la economía mexicana, se deben considerar dos cuestiones: una es, que la "infraestructura" desarrollada por las empresas inglesas de la primera mitad del siglo XIX, que servirán de base para la próxima fase de inversión extrajera (gestada en el Porfiriato); y dos, entre el periodo de 1850 a 1870 (aproximadamente), la minería se ve mermada por la inestabilidad política, las guerras internas y la segunda intervención francesa.[59] En este contexto se puede decir que la minería mexicana no logró evolucionar –al menos no de forma cualitativa-, como para establecer un nuevo patrón, ya que múltiples factores seguían repitiéndose en su esquema de producción, por ejemplo, la marcada dependencia al azogue, por la aplicación del antiguo método de amalgamación por patio. En resumen, el periodo histórico denominado

[57] María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, "La minería (1821-1880)", Ciro Cardoso (coordinador), *México en el siglo XIX (1821 - 1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1980, p. 128.
[58] Lucas Alamán, "Memorias de la Dirección General de la Industria Nacional. México, enero 28 de 1845", *Documentos para el estudio de la industrialización en México: 1837-1845*, 1977, pp. 89-90.
[59] María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, 1980, pp. 119-144.

como "minería tradicional" se constituye desde la segunda y tercera década de la centuria de 1500, hasta las últimas décadas del siglo XIX (según la hipótesis establecida, con base a las cuatro categorías que conforman el concepto de "estructura de las operaciones y formas de producción minera").

El periodo tradicional en la minería mexicana, dejó una marcada línea, la cual fue abatida durante el gobierno de Porfirio Díaz:

> En lo concerniente a la minería, la política de atracción a la inversión extranjera que desarrolló el Estado porfirista tuvo que enfrentarse a toda una tradición heredada de la Colonia, según la cual la propiedad inmanente de los recursos naturales era de la Colonia, según la cual otorgaba concesiones limitadas y revocables a los particulares para que los explotasen.[60]

Es entonces el Porfiriato un momento de auge minero en términos de ciencia, tecnología e innovación y economía minera. Por múltiples factores que a continuación se tratan de articular, para explicar la fase distinguida como "minería moderna". El inicio de la "minería moderna" se da a partir de la década de 1870 (el "cambio estructural" fue paulatino, se identifica este momento como el inicio de dicha "fractura tradicionalista" de la práctica minera). Es a partir de aquí, cuando empieza a descender la demanda de plata en el mercado internacional, lo cual originó una serie de medidas en relación a la producción de la plata. Gran número de las operaciones gestadas –interna y externamente- en torno a la minería mexicana de finales del siglo XIX y principios del XX, tenían la finalidad de moderar y restar peso al desequilibrio de la moneda de plata, que finalmente culminaron por conformar un nuevo modelo de producción minera. Al desplazar "paulatinamente" el esquema tradicionalista durante el Porfiriato, se forjó una minería moderna,[61] esta se ha desarrollado hasta la actualidad.

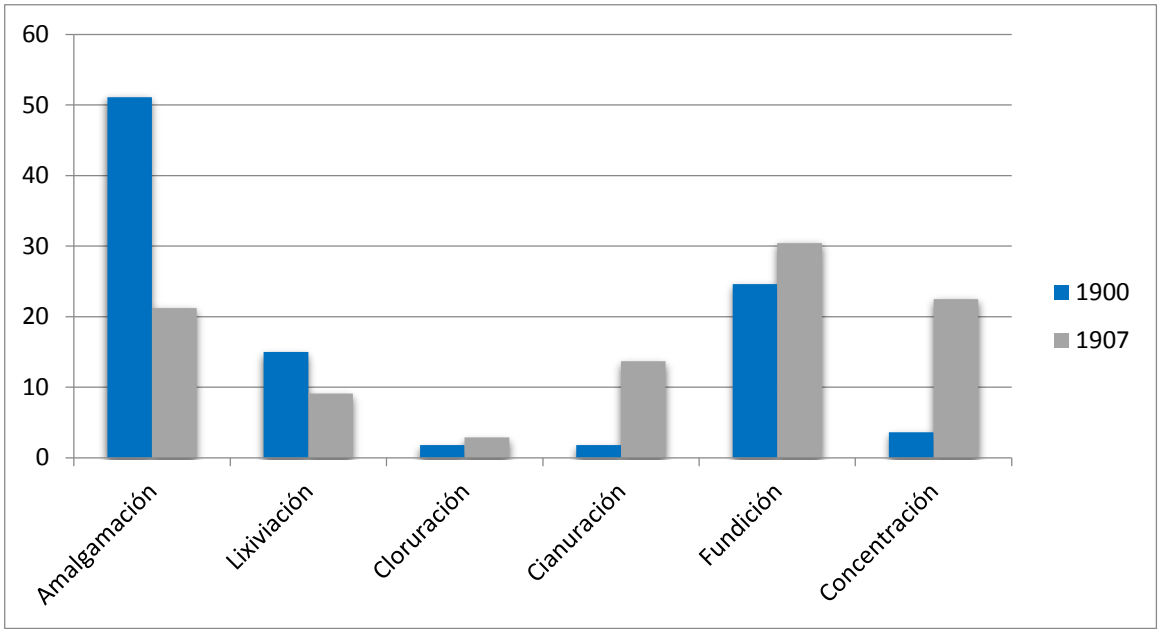
En términos de temporalidad, para distinguir la "minería moderna", se retoma el inicio del quiebre estructural suscitado en el último cuarto del siglo XIX, que pasó a distinguirse como "moderna", junto con la madurez del Porfiriato, desde entonces, hasta hoy, se han acumulado más de ciento treinta años. Dicha minería moderna reorientó el modelo de producción de forma más contundente en los primeros años del siglo XX, donde

[60] Carlos San Juan Victoria y Salvador Velázquez Ramírez, "El Estado y las políticas económicas en el porfiriato", Ciro Cardoso (Coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1980, p. 292.

[61] Entiéndase el concepto de moderno (a) aplicado a la minería, como un cumulo de elementos que renovaron la actividad minera-metalúrgica mexicana: "cuestión central de esta tesis"; pues sin esto, las medidas implementadas en materia de política de fomento e inversiones no hubieran sido eficientes.

se articulaban nuevos elementos científico-tecnológicos en el esquema de operación minera de oro y plata. El arribo del siglo XX, trajo consigo un marcado cambio en el aparato productivo, pronto se hicieron notar las innovaciones en la fase metalúrgica, tan solo en siete años hubo proporcionales cambios. Obsérvese en la siguiente gráfica las tendencias respecto a los métodos de beneficio:

Gráfica 1: *Intensidad de uso de las fórmulas de beneficio metalúrgico de 1900 a 1907.*



Fuente: María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, 1980, p. 351.

Para reforzar la tesis hay que entramar los elementos que generaron el quiebre del esquema tradicionalista. La ruptura estructural de la minería tradicional mexicana, se finca en un cúmulo de factores externos e internos de múltiples matices, que renovaron el modelo de producción mineral.

En este sentido es valioso demostrar que esta "fractura gradual" se debe, en primer lugar, a que el valor de la plata comienza a descender en el ámbito fiduciario a nivel internacional en la década de 1870. México fue socavado enérgicamente en su economía. Las fluctuaciones del precio de la plata establecieron un escenario de especulación y probabilidades remotas de estabilizar nuevamente la moneda mexicana.[62]

[62] A partir de este momento la moneda mexicana ha de sufrir devaluaciones constantes hasta la actualidad: Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al.*, 1988, p. 302.

Ya en temprana edad colonial e incluso de fines de este periodo, el volumen de producción argentífera era relevante. Para avizorar este hecho de mejor forma, véase la siguiente tabla:

Tabla 2: *Producción de plata en la Nueva España en comparación con la producción mundial 1681-1820 (contrastación en kilogramos).*

Periodos	Nueva España	Mundial	Porcentaje
1681-1700	2 204 000	6 838 000	32.23
1701-1720	3 276 000	7 112 000	46.06
1721-1740	4 615 000	8 624 000	53.51
1741-1760	6 020 000	10 662 900	56.46
1761-1780	7 328 000	13 054 800	56.13
1781-1800	11 149 000	17 581 200	63.41
1801-1820	8 658 000	14 349 200	60.34

Fuente: Cuauhtémoc Velasco Ávila, Eduardo Flores Clair, Alma Laura Parra Campos y Edgar Omar Gutiérrez López, 1988, p. 29.

Según Robert Randall, la historia minera novohispana sugiere que "hablar de minería en aquel periodo de la historia de México es hablar de la plata, pues de los demás metales, únicamente el oro era buscado con la misma pasión. Los metales comunes, tales como el plomo, el cobre y el cinc [*sic*], que hoy en día forman la base de la minería mexicana, no atraían casi ningún interés".[63] Con ello puede confirmarse el arraigo de un modelo minero-metalúrgico tradicionalista, desarrollado a lo largo de tres centurias y que se consolidó al externarse a través de la exportación de moneda argéntea a nivel global. Pues la demanda monetaria de plata fue relevante en el lapso histórico del siglo XVI al XIX.[64]

En cuanto a la época del Porfiriato, que es el momento del quiebre estructural (espacio temporal de esta tesis), es aquí que se busca sostener que en dicho momento surge un nuevo modelo minero-metalúrgico. Véase por ejemplo entre otras aseveraciones sobre esta cuestión, las de Cuauhtémoc Velasco *et al*., refieren que "de una economía basada en

[63] Robert W. Randall, *Real del Monte: Una empresa minera británica en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 1972, p. 15.

[64] <<En el siglo de la conquista de América, el desarrollo comercial de Occidente confluyó en un mercado internacional que se sustentó en un amplio uso del sistema de intercambio monetarista. Este fenómeno permitió que el valor de la plata se mantuviera a la alza en años posteriores, gracias a su posición fiduciaria y de reserva de valor global. Fue hasta los inicios del siglo XIX cuando el precio de dicho metal comenzó a descender>>. José Alfredo Uribe Salas y Rubén Darío, Núñez Altamirano, "Depreciación de la plata, políticas públicas y desarrollo empresarial. Las pequeñas y medianas empresas mineras mexicanas de Pachuca y Real del Monte", *Revista de Indias*, Vol. LXXI, Núm. 252, 2011, p. 450.

la producción y exportación de monedas de plata, se transita a un modelo orientado a la producción de minerales industriales. Dicha ruptura implicó un cambio definitivo e irreversible en la estructura de la producción".[65] En efecto, como se manifiesta en esta referencia, se da un "cambio definitivo e irreversible", pues la restructuración de la actividad minera, se conformó con nuevos parámetros. Asimismo, sumándole lo que dice Uribe Salas: "la explotación de los depósitos mineralizados de los estados del norte de México absorbieron más de 80% de las inversiones directas de capital que se registran para el Porfiriato, y aunque eran yacimientos geológicamente del tipo de minerales complejos, de alto rendimiento en cobre, hierro, zinc, plomo, etcétera –la nueva tendencia de consumo del mercado internacional-, sus contribuciones brutas de metales precisos al output nacional terminaron por desplazar y sustituir a las minas y regiones especializadas históricamente en oro y plata".[66]

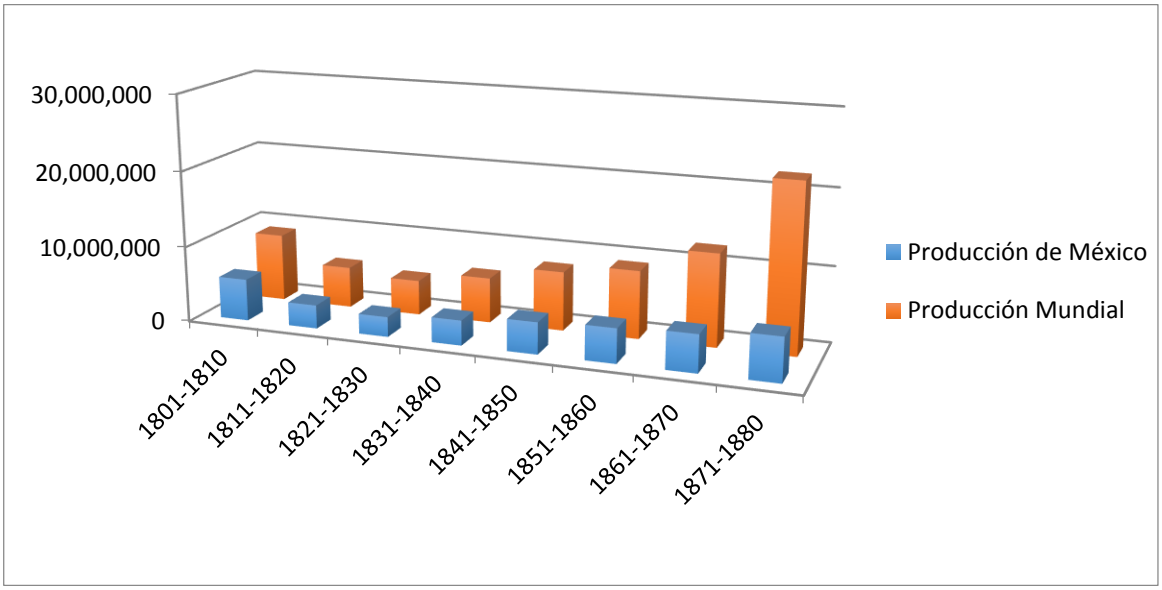
A nivel técnico y tecnológico derivado de la ciencia, se tiene, por ejemplo que, internamente se desprende a ritmo paulatino el método de amalgamación con azogue, y se adopta el sistema de cianuración (de forma más contundente los cambios se efectuaron entre 1900 y 1907), este cambio repercutió ampliamente en el volumen de producción y la calidad en la productividad;[67] otro caso es que se descentralizó la explotación de minerales preciosos, al ponerse en relevante posición la demanda de los minerales de uso industrial.[68] Aunado a ello, se genera la descentralización geográfica, es decir, ya no es la región del centro, la única ni la más importante en actividad minera, ahora también surgen nuevos espacios de explotación, que sobre todo se acrecentó en la región norte.[69]

La minería "moderna" se desplazó hacia otras regiones, uno de los efectos de esta reconfiguración de la producción mineral en México, durante el Porfiriato, fue la fundación –por ejemplo- de la *Compañía de Fierros y Aceros de Monterrey S.A.* (en 1900), empresa

[65] Cuauhtémoc Velasco *et al*., 1988, p. 254.
[66] José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 517-518.
[67] María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, 1980, p. 351.
[68] José Alfredo Uribe Salas, "Depreciación de la plata y ciencia de los metales en la coyuntura de fin de siglo", en: María Teresa Cortés Zavala, Consuelo Naranjo Orovio y José Alfredo Uribe Salas (coordinadores), *El Caribe y América Latina, el 98 en la coyuntura imperial*, Morelia, Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Gobierno del Estado de Michoacán, Universidad de Puerto Rico, 1999, pp. 291-292.
[69] José Alfredo Uribe Salas, 1999, pp. 291-293.

de capital privado que permitió el desarrollo de la industria siderúrgica en el país. En esta planta el proceso de producción, se conoce como "siderúrgica integrada", es decir, la compañía se encargaba desde la producción hasta el acabado último de productos de acero y hierro.[70] Vemos como se configuraba una industria en forma, que si bien, en un futuro declinó, al menos en este momento hay un auge industrial derivado de la producción diversificada de la minería regional y, ya con cimientos modernos. Esto habla de la diversidad y riqueza del periodo porfirista (en el ámbito industrial y empresarial), de la integración más formal y eficiente de ciencia, tecnología e innovación, a raíz de las prominentes inversiones, sobre todo extranjeras. La siguiente gráfica muestra la tendencia y el volumen de producción de la plata mexicana, con respecto de la producción mundial durante la mayor parte del siglo XIX:

Gráfica 2: *Producción de plata (en kilogramos) en México y el mundo de 1801 a 1880.*



Fuente: María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, 1980, p. 128.

El gobierno de México, las empresas y los empresarios jugaron un papel fundamental para contraponer la situación desventajosa de la plata. Por lo tanto se motivó una política de emprendimiento y desarrollo económico en diferentes sectores. Para ello hubo que impulsar agentes que dinamizaran las facilidades de recuperación económica; en esa medida se opta por acrecentar la comunicación terrestre, principalmente con el

[70] Aurora Gómez, "El desempeño de la Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey durante El Porfiriato", Carlos Marichal y Mario Cerutti (Compiladores), *Historia de las Grandes Empresas en México, 1850-1930*, México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Fondo de Cultura Económica, 1997, pp. 201-202.

ferrocarril, y por otro lado, con el fin de reforzar las actividades productivas de diversos rubros, entre ellos el textil y, por supuesto el minero, que fueron electrificados.

1.1.1. Devaluación argentífera y la dinámica del mercado de los metales

La moneda[71] fue inventada a raíz de las necesidades de intercambiar mercancías de forma más eficiente. Desde el siglo VI a. n. e., se implementó el uso de la moneda, pero, en un circuito muy limitado. Las monedas auro-argentíferas tuvieron una actividad poco dinámica, ya que no había una paridad del valor oro-plata, además de la escasa circulación derivada del atesoramiento; fueron factores que mermaron el desarrollo económico-monetario de la época. Pasaron varias centurias desde el alumbramiento de la moneda, hasta el siglo XVI d. n. e., que fue cuando se disparó la circulación de metales preciosos, en mayor medida la plata, por lo tanto la moneda argéntea era predominante, y se cotizó en los mercados de Europa y Oriente (Medio y Lejano) de forma ascendente.[72]

Al respecto "Adam Smith afirmó, que si la plata y el oro habían sido finalmente adoptados por la humanidad como medida de valores y materia monetaria, era por la relativa estabilidad de su valor a lo largo del tiempo".[73] Visto en el plano pragmático, el uso de los metales preciosos como moneda de intercambio a nivel mundial, la denominada "relativa estabilidad" (según Enrique Canudas Sandoval) había sufrido distanciamientos considerables, tanto antes como después de lo dicho por Smith. "El fenómeno económico que caracterizó el periodo de 1873 a 1913, fue también de profundas fluctuaciones de precios que sacudieron a la mercancía mexicana".[74] Para ilustrar de forma más precisa la paridad, es decir, la distancia que se establece entre el valor del oro y la plata, con el objetivo de dimensionar la situación del metal argentífero con respecto del áureo a lo largo del Porfiriato, obsérvese la siguiente tabla:

[71] <<Cuando los romanos comenzaron a extender su imperio recogieron frutos de sus conquistas; entre ellos, los logros de la cultura griega, como la acuñación de moneda metálica. Las colonias romanas llevaron la tradición de la acuñación a toda Europa. España, que ya había sido conquistada antes por los griegos, continuó esa tradición y de ahí la trasladaron a las tierras americanas recién descubiertas.>> En: *Historia de la moneda y del billete en México*, México, Banco de México, Septiembre 2014, p. 3.
[72] Pierre Vilar, *Oro y moneda en la historia, 1450-1920*, España, Ariel, 1974, pp. 34-35.
[73] Enrique Canudas Sandoval, vol. I, 2005, p. 139.
[74] Enrique Canudas Sandoval, vol. I, 2005, p. 139.

Tabla 3: *Paridad de valor plata-oro de 1873 a 1910.*

Año	Paridad o relación	Año	Paridad o relación
1873	15.93	1892	23.72
1874	16.16	1893	26.49
1875	16.24	1894	32.56
1876	17.75	1895	31.60
1877	17.20	1896	30.59
1878	17.92	1897	34.20
1879	18.39	1898	35.03
1880	18.05	1899	34.36
1881	18.25	1900	33.33
1882	18.20	1901	34.68
1883	18.64	1902	39.15
1884	18.61	1903	38.10
1885	19.41	1904	35.70
1886	20.78	1905	33.87
1887	21.10	1906	30.54
1888	22.00	1907	31.24
1889	22.10	1908	38.64
1890	19.75	1909	39.74
1891	20.92	1910	38.22

Extracción: Enrique Canudas Sandoval, vol. I, 2005. p. 412.

Dicho renglón económico (valor de la moneda de plata) traía consigo un pasado sinuoso, la producción minera novohispana se acopló al mercado metalífero con buena aceptación desde el siglo XVI hasta los tres primeros cuartos del siglo XIX. Por lo tanto, al tener ligados el hecho de que la minería novohispana se distinguió por la relevante producción y exportación de monedas de plata, es durante esta etapa de "relativa estabilidad", en la que se configuró la minería tradicional. Fue precisamente este factor de disparidad monetaria la que originó la "fractura estructural" en la minería de México y que convergió con el Porfiriato.

1.1.2. Asociaciones en beneficio de la minería

También se debe considerar para el alumbramiento de la minería moderna, el desempeño que emprendieron asociaciones y/o grupos de corte científico, político y económico, con la preocupación exclusiva en la actividad minera. Para hacer referencia sustanciosa de dichos agrupamientos, se establezcen dos interrogantes: ¿cuál fue el principal motivo de su congregación? y ¿cuál fue la aportación de cada una a la minería, o en su efecto a la economía mexicana? Ante tales preguntas, se hace énfasis en que todo es parte del proceso

de modificación estructural de la producción minera. El motivo principal del nacimiento de sociedades con proyección nacional, se establece en motivar un proyecto de fomento minero. Además la preocupación de asociación, también derivó de la crítica situación económica a causa del fenómeno de devaluación argentífera, que obligó a desarrollar proyectos de desarrollo económico. Por lo tanto, trataré de exponer de forma rápida a las congregaciones más significantes en el escenario porfirista.

Esta fue otra de las características que van a distinguir el segundo momento de la minería mexicana respecto del periodo tradicional, es la asociación de mineros, científicos y políticos en beneficio de la situación de la economía de finales del siglo XIX. Esto no sugiere que el gobierno porfirista haya fincado su política en las organizaciones o corporaciones, sino que, "estuvo basada en una amplia red clientelar que tenía como base la relación directa y personal del dictador con los centros de poder político y económico".[75] Sin embargo, las aportaciones de las Sociedades que se configuraron en dicho momento aportaron elementos para la mejora de la minería y en su efecto, ayudaron a configurar un nuevo esquema de producción minera.

Antes de arribar el tema de asociaciones, en importante destacar la importancia del origen del Real Seminario de Minería, cuyas denominaciones cambiarían a lo largo del siglo XIX, pero no con ello, su esencia, que fue y sigue siendo, la de crear hombres ilustrados en el campo de la ingeniería. Es evidente que los centros de investigación y docencia habidos en territorio mexicano para entonces son fundamentales para la materialización de nuevos paradigmas, que se supone, abatirían un cúmulo de problemas de orden físico en el campo minero. Desde el origen del Real Seminario de Minería en 1792, por Fausto Elhuyar,[76] que fue "la primera escuela profesional técnica del Continente Americano […] La escuela dependía del Importante cuerpo de la Minería de la Nueva España, que había comenzado sus actividades en 1777 y era la máxima autoridad judicial en el terreno minero, además de tener otras funciones de control sobre la producción de metales en el reino".[77] Si bien, esto no significó la autonomía del desarrollo científico en México, si fungió como crisol del cientificismo mexicano. "Con la apertura de esta

[75] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 346.
[76] José Giral B., Sergio González P. y Eduardo Montaño A., *La industria Química en México*, México, Redacta, 1978, p. 5.
[77] Francisco Omar Escamilla González, "Prólogo", *200 años del Palacio de Minería: su historia a partir de fuentes documentales*, México, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de México, 2013, p. 35.

institución, personajes como Abraham Werner, Gottlob Lavoisier y Jean-Antoine Chaptal, Karl Johann Bernhard Karsten y Bergman emprendieron el éxodo dentro de las mentes de los científicos españoles que hicieron el viaje a la Nueva España para desempeñarse como el cuerpo docente".[78]

El nacimiento de esta casa de estudios científicos vio reflejado sus conocimientos a lo largo del siglo XIX, donde se encuentran en el campo de acción distinguidos hombres de ciencia. Hablar de los científicos locales (que aunque era español de nacimiento, la historio mexicana lo cataloga como si fuera mexicano) más destacados, es por ejemplo, referir al madrileño Andrés Manuel del Río, que terminó por quedarse en México. Obviamente instruido en Europa (en la Real Academia de Minas de Almadén, España y la escuela de Freiberg, Alemania), vino (entonces la Nueva España) a impartir cátedra en el Real Seminario desde 1794.[79] De él, hay mucho que destacar, pero hay que referir en particular la visión emprendedora de este hombre, que le hizo, y quizá, aún le haga falta a México. "Del Río veía la posibilidad de construir más tarde 'máquinas para la producción de máquinas', un principio básico de la revolución industrial inglesa",[80] esto después de haber construido la primer máquina de columna para desagüe en Real del Monte. Se puede decir, que este es uno de los primeros resultados resolutorios de la ciencia y por ende, del Real Seminario de Minería en territorio mexicano. Pues ya se notaba el espíritu visionario de desarrollo industrial, sin embargo, no maduró, ni prosperó como debiera, por constantes conflictos geo-políticos y visiones ideológicas separadas sufridas en territorio mexicano.

Ya en el contexto de las asociaciones del siglo XIX, figuraron nombres como el del michoacano Antonio del Castillo. Prominente hombre de ciencia, en el campo de la ingeniería, mineralogía, paleontología, entre otras disciplinas a fines a estudio del suelo. Su activa participación en el círculo científico de la época es de reconocer, pues gracias a hombres como él, el desarrollo económico mexicano era de alguna forma más viable, ya que fue puente entre las academias y asociaciones científicas, tanto locales como foráneas. Tal como dice Lucero Morelos:

---

[78] José Manuel Solórzano Ramírez, *Redes sociales e Instituciones científicas en México durante el siglo XIX*, Tesis de Licenciatura, Morelia, Michoacán, México, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2011, p. 61

[79] Emma Yanes Rizo, "Pasión por la tierra", *Artes de México. Una Visión de la Minería,* México, Número 86, Octubre 2007, p. 50.

[80] Emma Yanes Rizo, 2007, p. 53.

> Perteneció a varias asociaciones científicas mexicanas y extranjeras, entre las primeras: Mexicana de Geografía y Estadística (1833), Mexicana de Historia Natural (1868), Minería Mexicana (1873), Mexicana de Minería (1883), y en las extranjeras: Academy of Natural Sciences of Philadelphia (1874), The Academy of Science of Saint Luis, Missouri (1875), Société Géologique de France, Société d´Économic Politique de Belgique, Geologisches Gessellshaft y American Institute of Mining Engineer.[81]

Tan solo este es uno de los ejemplos de científicos mexicanos, que junto con otros, como Mariano Bárcena, Santiago Ramírez, que como bien ilustra Lucero Morelos, motivaron no sólo la academia mexicana, que es elemental para obtener resultados en el desarrollo industrial, sino que a la vez, hubo activa participación en distintos campos, como en la política y en lo empresarial. Y para tener una dimensión más completa sobre el siglo XIX, respecto a las asociaciones científicas de los distintos ámbitos en México, se presenta la siguiente relación que se ordena de forma cronológica (según Saldaña y Azuela). Nótese la amplia red científica que dio forma y respaldo a las políticas económicas decimonónicas:

Tabla 4: *Sociedades científicas mexicanas en el siglo XIX.*

No.	Año	Nombre	Ciudad
1	1824	Academia de Medicina Práctica de México	México
2	1826	Instituto de Ciencias, Literatura y Artes	México
3	1827	Academia de Medicina	Puebla
4	1831	Sociedad Médica	México
5	1832	Academia Médico-Quirúrgica	Puebla
6	1833	Instituto Nacional de Geografía y Estadística	México
7	1838	Academia Farmacéutica de México	México
8	1839	Academia Nacional de Medicina	México
9	1844	Sociedad Filoiátrica	México
10	1845	Sociedad Mexicana de Agricultura	México
11	1849	Academia de Ciencias y Literatura de Mérida	Mérida
12	1850	Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística	México
13	1857	Asociación Larrey	México
14	1865	Sociedad Médica de México	México
15	1868	Sociedad Mexicana de Historia Natural	México
16	1869	Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México	México
17	1869	Asociación Médica “Pedro Escobedo”	México
18	1870	Sociedad “Humboldt”	México
19	1870	Sociedad Económica Progresista	San Luis Potosí
20	1871	Sociedad Médica	San Luis Potosí
21	1872	Sociedad de Medicina	México

[81] Lucero Morelos Rodríguez, *La Geología Mexicana en el Siglo XIX. Una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena*, México, Secretaria de Cultura de Michoacán, Plaza y Valdés, 2012, p. 62.

22	1872	Sociedad Farmacéutica de México	México
23	1874	Sociedad Médico-Homeopática	México
24	1875	Sociedad Minera	México
25	1876	Sociedad de Arquitectos, Arqueólogos e Ingenieros	México
26	1877	Cuerpo Médico Mexicano	México
27	1878	Sociedad "Ignacio Alvarado"	México
28	1879	Sociedad "Andrés del Río"	México
29	1979	Sociedad Agrícola Mexicana	México
30	1880	Sociedad de ingenieros de Jalisco	Guadalajara
31	1884	Sociedad "Sánchez Oropesa"	Orizaba
32	1884	Sociedad "Antonio Alzate"	México
33	1886	Sociedad Filomática	México
34	1888	Sociedad de Medicina Interna	México
35	1890	Sociedad Farmacéutica Mexicana	México
36	1890	Sociedad Científico-Literaria "José Ma. Mena"	Córdoba
37	1895	Academia Mexicana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales	México
38	1895	Sociedad Científico-Literaria "Cuauhtémoc"	México
39	1896	Sociedad de Medicina Veterinaria	México
40	1899	Sociedad Mexicana de Oftalmología y Otorrinolaringología	México
41	1899	Sociedad Médica Potosina	San Luis Potosí
42	1899	Sociedad de ingenieros y Artistas Mexicanos	México

Fuente: Juan José Saldaña y Luz Fernanda Azuela, "De amateurs a profesionales. Las sociedades científicas mexicanas en el siglo XIX", *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, vol. 11, núm. 2, mayo-agosto 1994, p. 142.

Por otra parte, un tanto fuera del círculo académico las asociaciones también se gestaron, donde el papel de los profesores y alumnos era complementario. La carente proyección hacia la estimulación minera para la década de 1870, más la flamante devaluación argentífera de 1873, fueron el motor para varios hombres a fines a la minería, que buscaban la reorganización y fomento de la producción minera regional. Además la dispersión de los centros mineros motivada por las legislaciones de 1857, que enfatizaron en la explotación minera, esto con base en las necesidades de sus regiones o estados, esto había marcado una producción distanciada y poco organizada a nivel nacional. Esta serie de factores y ánimos de los empresarios y científicos mineros por configurar una proyección minera, con una estructura de carácter nacional. Nace así, a partir de una necesidad de "orden y progreso", la Sociedad Minera Mexicana en octubre de 1873.[82] La reciente Sociedad se constituía de la siguiente manera:

[82] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, pp. 337-339.

Tabla 5: *Integrantes de la Sociedad Minera Mexicana (1873).*

Profesión	Socios residentes	Socios corresponsales	Total
Mineros	26	28	54
Ingenieros	35	53	88
Licenciados	4	--	4
Total	65	81	146

Fuente: Cuauhtémoc, Velasco Ávila, *et. al.*, 1988, p. 340.

Una vez constituidos los integrantes no tuvieron del todo un común acuerdo, aunque la preocupación central recaía en construir una red empresarial en todo México y estrechar lazos con los gobiernos estatales y el federal. Entre otras cuestiones técnicas que pudieran fomentar el negocio minero. Sin embargo, los ánimos de fomento se vieron limitados en 1877.[83] ¿Cuál fue la aportación de esta Sociedad? se puede decir que directamente no se efectuaron resultados contundentes, pero sí de forma indirecta, ya que fue uno de los primeros acercamientos de las alianzas regionales de orden empresarial. Por lo tanto, la aportación es la de incitar el progreso minero en común alianza ante la devaluación de la plata y, esta sociedad fue uno de los primeros efectos paradójicos ante tal fenómeno de devaluación argentífera. Además sirvió de ejemplo –más no de base- para la sucesora: La Sociedad Mexicana de Minería, un proyecto nuevo.

Al referir dicha sociedad, no significa que hubiera sido una prioridad a nivel nacional, sino también, en lo local, por ejemplo, la Sociedad Minera Guanajuatense[84] que agrupaba un círculo distinguido de connotados empresarios (como Miguel Rul, que no sólo figuró en esta asociación, sino también en las dos Sociedades mineras nacionales)[85] y además técnicos o científicos mineros. La sociedad guanajuatense se conformó en 1874. También se organizaron otras sociedades en otras latitudes y con integrantes encaminados más hacia la práctica científica para la minería.

La Sociedad Mexicana de Minería fue una nueva organización, ahora la dinámica de esta Sociedad estaba en importante papel para el gobierno federal. A través de la Secretaría de Fomento, el ministro de Fomento (Carlos Pacheco) pretendió que la sociedad fuera un

[83] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, pp. 337-339.
[84] Oriel Gómez Mendoza, *De empresa familiar a trasnacional minera. Guanajuato. Principios del Siglo XX*, México, Instituto de Investigaciones Históricas, Facultad de Historia/UMSNH, 2007, p 36.
[85] Mónica Blanco, Alma Parra y Ethelia Ruiz Medrano, *Guanajuato. Historia breve*, México, El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica, 2010, pp. 133-134.

organismo de enlace nacional para poder apoyar y facilitar la política en beneficio de la actividad minera. Dicha Sociedad se configuró en 1882-1883, aunque no repitió la estructura de la anterior organización, sí participaron casi los mismos personajes.[86] Y ¿cuál fue la aportación de esta sociedad? "Podemos afirmar que la Sociedad Mexicana de Minería sirvió principalmente como plataforma política para la elaboración y llegó a un consenso en torno a la nueva legislación minera".[87] En este contexto, se refiere al Código de Minería de 1884, por lo tanto, la aportación de dicha sociedad fue valiosa, pues se requerían de bases legislativas para efectuar un notable cambio en el campo empírico minero.

Dicho lo anterior, parece prudente referir de una vez, a otro de los grupos que motivaron la economía empresarial y con ello el ingreso a la Hacienda Pública, hablo de los denominados "científicos". A estos se prestara un poco más de atención, por su influencia en materia económica. Al respecto de dicho grupo, existe un pronunciado debate, sobre cuál era su fin e influencia en la operación y facultad de toma de decisiones en la política porfirista. Lo importante por el momento es ver –de forma breve- quiénes eran y qué aportación hicieron al fomento económico-minero. En primer lugar, dicho grupo no fue predominante ni homogéneo a la figura de Díaz; pues los Científicos no fueron más que una facción más, que era partidaria de intereses comunes para escalar en la estructura de gobierno. Lo mismo que cualquier otro grupo en busca de figurar en las filas de Díaz.[88]

Hans Werner Tobler definió a los Científicos con base a la descripción de Leopoldo Zea, de este, Werner Tobler destaca que el "grupo derivó su nombre de una común convicción social y filosófica que, sobre todo bajo la influencia de Auguste Comte y Herbert Spencer, se basaba en una teoría 'científica' de orden y progreso con fuertes matices socialdarwinistas [*sic*]".[89] Se puede decir que la anterior aseveración tiene en parte veracidad, sin embargo, según William Raat "los científicos no eran positivistas",[90] y en este sentido es que el debate historiográfico entra en un terreno de contradicciones. Aunque sí puede decirse, que los científicos basaron en gran parte su práctica política en las bases

[86] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, pp. 343-345.
[87] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 345.
[88] Al respecto de la participación de los "científicos" en el Porfiriato véase en específico el capítulo cuarto: "Los científicos y el positivismo, 1888-1910", William D. Raat, *El positivismo durante el porfiriato (1876-1910)*, México, SEP, trad. Andres Lira, 1975, pp. 107-142.
[89] Hans Werner Tobler, *La Revolución Mexicana. Transformación social y cambio político 1876-1940*, México, Alianza Editorial, 1991, p. 118.
[90] William D. Raat, 1975, p. 141.

expuestas por Werner Tobler. Es decir, del positivismo, que si bien no fueron ortodoxos debido a la diversidad de ideas y formación de los integrantes, sí los caracterizó la influencia de sus bases positivistas, tanto, que fue lo que los distinguió de otros grupos.

Se considera por tanto a "los *científicos*, un selecto círculo de intelectuales y representantes de la oligarquía financiero-latifundista también interesados en algunas industrias",[91] es decir, este era "un grupo pequeño y exclusivo, que trataba de manipular la política aprovechando sus conexiones en la industria, la banca y la política, los científicos pueden considerarse justamente una camarilla política".[92] Pues los integrantes –en su mayoría- gozaban de buena situación económica.

Fue en 1892, cuando se reconoció el surgimiento o conformación como tal del grupo (después de la publicación del manifiesto del Partido Unión Liberal). Los Científicos se conformaban –según William Raat-, por 36 integrantes, pero consigna a nueve de ellos, como los más importantes: José Yves Limantour, Pablo Macedo, Miguel Macedo, Francisco Bulnes, Justo Sierra, Enrique Creel, Manuel Flores, Joaquín Casasús y Ramón Corral, a excepción de Manuel Romero Rubio, debido a que falleció en 1895 (para entonces la asociación era joven). Se reconoce a Manuel Romero Rubio, como el primer líder del grupo. Romero Rubio además fungía como secretario de Gobernación (de 1884-1885 a 1895). El segundo líder de los Científicos fue José Yves Limantour, a partir de 1895 (año en que falleció Romero Rubio), y quien figuraba desde 1893 como secretario de Hacienda, hasta 1911.[93]

Los Científicos tenían fuerte influencia positivista, pero esto no significó que el grupo no proyectará un modelo liberal al momento de ejercer sus funciones (por ejemplo José Yves Limantour, considerado por algunos un prodigio en cuestión financiera). Por un lado, tenemos que "el grupo positivista es más que nada continuador de las políticas diseñadas por los ideólogos liberales y en todo caso el grupo que, sobre todo a partir de 1893, construyó una justificación pública del régimen de Díaz".[94] En sentido a lo anterior,

[91] Alejo Maldonado Gallardo, Sergio Guerra Vilaboy, *La Revolución Mexicana: una lucha que cambió la historia de un pueblo 1910-1940*, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2010, p. 22.
[92] William D. Raat, 1975, p. 118.
[93] William D. Raat, 1975, pp. 107-119.
[94] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 317.

el modelo económico liberal de dicho grupo "pretendía legitimar la creciente penetración económica de México por el capital extranjero 'superior'".[95]

Este patrón y su gran aporte –digamos por parte de los Científicos, expresado por medio del secretario de Hacienda, José Yves Limantour- se reflejó con bonanzas antes de finalizar el siglo XIX. "Los ingresos del erario provenían de muy diversas fuentes, incluso de préstamos privados con bajos intereses. Para 1899, el erario contaba con un excedente total de 22 680 000 pesos aproximadamente. Ese mismo año Limantour reformó la ley bancaria y consolidó la deuda exterior".[96] Esto confirma que las últimas dos décadas del Porfiriato van a ser factor clave en el colapso de la estructura minera tradicional, pues el clima de abundante capital y empresas, va a repercutir en la configuración del nuevo esquema de producción minero. Entonces ¿para la actividad minera qué influencia tuvieron los Científicos? A esto respondo que: la política de apertura a los capitales extranjeros fueron los dinamizadores para el saneamiento económico, y por ende, la minería fue una de las actividades más beneficiadas con tales inversiones, hecho que se podrá ver más adelante en el apartado correspondiente a las inversiones.

Como se ha enunciado en lo que va del apartado, el Porfiriato fue un momento de madures económica para México, que si bien no fue del todo benévola con la totalidad de la sociedad mexicana, si generó avances en torno a la materia, es decir, al desarrollo de infraestructura. Además de las asociaciones antes referidas, hay que distinguir el papel de los científicos, profesores y/o técnicos (encaminados en la labor de investigar, difundir y proponer) del rubro minero decimonónico. Ya que también aportaron en gran medida sus conocimientos tanto teóricos como prácticos, dichos actores son parte del conjunto de variables que reconfiguraron el nuevo esquema minero, gestado en el contexto finisecular. "En esta temporalidad se asistió a la organización de la ciencia en torno al financiamiento público de los gobiernos, y que en el nuevo escenario los hombres de ciencia […] La ciencia y los procesos de investigación se enfocaron fundamentalmente al desarrollo industrial de la economía y sociedad, subrayando el aspecto práctico frente al teórico".[97]

Sin embargo, hay que dejar en claro que las asociaciones científicas no son exclusivas del periodo del régimen de Díaz, pero sí tuvieron más resultados en dicho

[95] Hans Werner Tobler, 1991, p. 118.
[96] William D. Raat, 1975, p. 114.
[97] José Alfredo Uribe Salas, 2009, p. 97.

momento, sobre todo por la alta afluencia económica. Si bien desde el México independiente ya hay una iniciativa por el agrupamiento científico, no fue tan progresista por el ritmo irregular económico y político derivado de las pugas contra Estados Unidos y Francia, y por si fuera poco, las desavenencias entre los conservadores y liberales que buscaban obtener el poder y control de la nación. En este contexto Azuela y Saldaña respaldan la hipótesis de John Coatsworth, con respecto la estabilidad, "[…] no sería sino hasta la abolición, hacia 1850, del marco industrial y de política económica heredados de la colonia que el país pudo iniciar una senda de desarrollo capitalista (el cual se fragua plenamente hasta 1870)".[98] Lo que reafirma la hipótesis de esta investigación, al coincidir con la serie de elementos que dieron pie a una nueva esquematización de explotación minera y metalúrgica en México, sobre todo en la etapa porfirista.

Por los datos estadísticos de la época porfiriana, se observa que una de las profesiones más demandada era la del ingeniero, según Uribe Salas:

> El número de ingenieros y técnicos titulados en la Escuela Nacional de Ingenieros entre 1867 y 1917, con especialidad en Ensayador, Ensayador y Apartador de Metales, Ingeniero Civil, Ingeniero Constructor, Ingeniero Electricista, Ingeniero Forestal, Ingeniero Mecánico, Ingeniero Electricista Mecánico, Ingeniero de Minas, Ingeniero de Minas y Metalurgista, Ingeniero Petrolero, Ingeniero Industrial, Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo e Ingeniero Topógrafo e Hidromensor, que sin lugar a dudas formaron un sector privilegiado de la sociedad, puesto que no hubo "profesionista más solicitado durante el Porfiriato que el ingeniero", fue realmente insignificante si tomamos en cuenta que la población nacional rondaba los quince millones de habitantes.[99]

Por ejemplo la consolidación de instituciones de orden gubernamental, y con un núcleo científico a favor de la minería, con el objetivo de impulsar la regulación y resolución más sistemática de los obstáculos en el contexto de la época porfirista, lo cual tomó también un papel esencial. Véase a continuación una línea del tiempo sobre el Instituto Geológico de México que estaba bajo dirección de la Secretaría de Fomento (ahora Instituto de Geología, perteneciente a la Universidad Autónoma de México-UNAM):

[98] Juan José Saldaña y Luz Fernanda Azuela, 1994, p. 138.
[99] José Alfredo Uribe Salas, 2009, p. 110.

Cronología: *creación y evolución del Instituto de Geología 1886-1949.*

Fechas	Actividades
26 de mayo de 1886	El Presidente Porfirio Díaz, por medio de la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, a cargo del Gral. Pacheco, presenta al Congreso de la Unión una iniciativa de ley para la creación del Instituto Geológico de México.
Marzo de 1888	El Presidente Porfirio Díaz, emite, a instancias del Gral. Carlos Pacheco, un decreto mediante el que se creaba una Comisión Geológica, siendo nombrado Antonio del Castillo su primer director.
30 de abril de 1888	Ezequiel Ordóñez ingresa a la Comisión Geológica como: Ayudante d geólogo y dibujante. Lamberto Cabañas ingresa a la Comisión Geológica como: Ayudante de geólogo y topógrafo.
12 de mayo de 1888	José Guadalupe Aguilera ingresa a la Comisión Geológica como: Geólogo.
1 de agosto de 1888	Baltazar Muñoz ingresa a la Comisión Geológica como: Geólogo.
14 de diciembre 1888	Joaquín L. Rivero ingresa a la Comisión Geológica como: Geólogo auxiliar.
17 de diciembre de 1888	El Congreso autoriza la fundación del Instituto Geológico de México.
18 de diciembre de 1888	Emisión del decreto presidencial que fundaba oficialmente el Instituto Geológico de México.
25 de diciembre de 1888	El Diario Oficial de la Federación publica el decreto de fundación del Instituto Geológico de México.
27 de octubre de 1895	Antonio del Castillo fallece en la ciudad de México.
1898	Ingresa Emil Böse al Instituto Geológico de México.
1904	Ingresa Carl Burckhardt al Instituto Geológico.
1906	El Instituto Geológico de México recibe el edificio de la 6ª. calle de Ciprés (actual Jaime Torres Bodet) 176, construido *ex profeso* para ser sede del mismo, e inaugurado en 1906 con motivo del Décimo Congreso Geológico Internacional.
5 de	El Servicio Sismológico Nacional se crea por decreto presidencial, dentro del marco de festejos del primer centenario de la guerra de Independencia, y es

septiembre de 1915	incorporado al Instituto Geológico de México.
1915	El Servicio Sismológico Nacional deja de pertenecer al Instituto Geológico de México al cierre temporal de éste a raíz de la guerra.
1 de mayo de 1917	En una reorganización en la Secretaría de Fomento, el Instituto pasa a ser el Departamento de Exploraciones y Estudios Geológico, dependiente de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, reteniendo el nombre de Instituto Geológico de México.
1920	A principios de año el Servicio Sismológico Nacional se reincorpora al Instituto Geológico de México.
16 de noviembre de 1929	El Instituto Geológico de México pasa a depender de la Universidad Nacional Autónoma de México, de acuerdo con la nueva Ley Orgánica de ésta, expedida el 10 de julio de ese año, bajo el nuevo nombre de Instituto de Geología.
1946	El Instituto de Geología cambió su nombre a Instituto de Geología, Geofísica y Geodesia.
1949	El Instituto de Geología recobra su nombre cuando se constituye el Instituto de Geofísica, al que fue incorporado el Servicio Sismológico Nacional.

Fuente: Instituto de Geología. Universidad Autónoma de México.[100]

El entonces gobierno de Díaz, por medio de la *Secretaría de Fomento*, se apoyo de los hombres de ciencia para intentar abatir las condiciones contradictorias en la devaluación de la plata y además proponer nuevos proyectos, lo cual fue canalizado (en parte) a través del *Instituto Geológico de México*. Claro está, que a partir de la República Restaurada y el Porfiriato se reafirmó "el triunfo del positivismo y cientificismo en nuestro país".[101]

Pero, la política de Porfirio Díaz no tuvo como fin patrocinar ni fomentar un ambiente de organizaciones corporativas, o la pronunciación de partidos políticos sólidos (estos sólo surgían de forma temporal y carecían de solides), la carencia de instituciones fuertes garantizó su longevidad de Díaz como mandatario. Como se vio de forma rápida, las asociaciones que referí produjeron medidas y acciones que se reflejaron en el desempeño económico y en el fomento minero. La figura de Díaz siempre fue predominante ante las organizaciones o facciones debido a que su política personalista se basaba en el lema: *divide et impera* ("divide y reinaras").[102] Sin embargo, él solo no hubiera logrado el progreso económico.

---

[100] *Cronología* extraída del sitio web del Instituto de Geología-UNAM, [en línea]: http://www.geologia.unam.mx:8080/igl/index.php/site-map/277-igl/informacion/historia/cronologia/705-cronologia

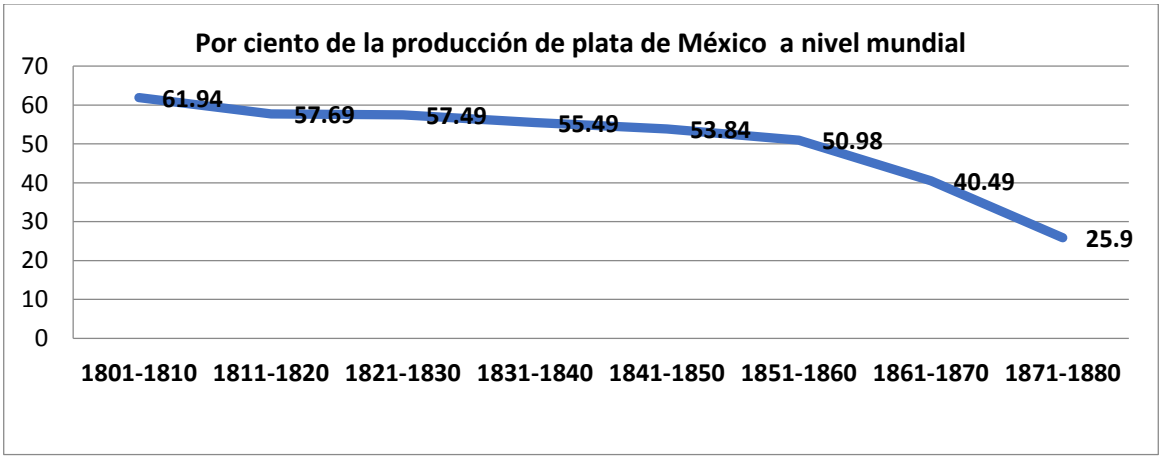
[101] Lucero Morelos Rodríguez, 2012, p. 58.

[102] Hans Werner Tobler, 1991, pp. 115-116; William D. Raat, 1975, p. 110.

1.2. La plata mexicana a la deriva del mercado de metales

El fenómeno de "ruptura estructural" de la minería tradicional mexicana, se debe a causas externas y económicas, en concreto a tres: 1) alza en la producción de oro y plata en Estados Unidos y Australia (hacia la década de 1850), debido a descubrimientos de yacimientos ricos en preponderancia de metal aurífero, lo cual dotó el intercambio comercial con una moneda más estable que la argéntea, restándole ventaja a esta última. Además, aumentó la producción de plata lo que más tarde habría de mermar su demanda; 2) crisis económica mundial (1873-1874); y 3) motivado por los factores anteriores, el sistema monetario internacional que se basaba en un patrón bimetálico –plata y oro-, se ajusta al modelo monometalista –oro- en la década de 1870 (a partir de 1873), por las naciones más fuertes en materia financiera.[103] Estos factores internacionales dieron un contundente giro a la minería y economía mexicana, lo que originó el quiebre estructural tradicionalista, dichos componentes convergieron con el ascenso de Porfirio Díaz; en dicho periodo se efectuaron medidas para amortiguar los cambios externos, lo cual, concretó la reconfiguración del modelo de producción minero y por ende el esquema económico tendió a diversificarse.

Gráfica 3: *Porcentaje (en kilogramos) de producción de plata mexicana, respecto a la producción mundial (1801-1880).*



Fuente: María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, 1980, p. 128.

[103] José Alfredo Uribe Salas, 1999, p. 293; Fernando Rosenzweig, "El comercio exterior", Daniel Cosío Villegas (Coordinador), *Historia Moderna de México. El Porfiriato. La vida económica*, México, Hermes, 1993, p. 648; <<Los 23 años que van de 1873 a 1896 son conocidos por historiadores y economistas como los AÑOS DE LA GRAN DEPRESIÓN, porque la economía "mundial" se estancó, los signos fueron claros y muchos: los precios, los beneficios y los intereses decayeron. Fue una larga fase de depresión económica al final de la cual, Inglaterra, aunque no lo percibiera entonces, había perdido su hegemonía económica y había dejado de ser el "taller del mundo", ahora, despuntaba un nuevo sol y líder capitalista, los Estados Unidos.>> En: Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 407.

La depresión económica de 1873 a 1896 influyó el desarrollo mundial, y se distinguió por una tendencia constante a la baja en los precios de la plata. Así mismo, se da un abaratamiento en los costos de producción (de materias primas y desarrollo industrial). La economía de costos (fenómeno parcial, no homogéneo en la actividad minera) que se deriva de la implementación de ciencia, tecnología e innovación (modernización) que impactaron en los medios de producción y operación de diversos sectores, sobre todo el industrial. En este sentido léase lo siguiente:

> Como afirmó Hobsbawm, durante las décadas anteriores y las de la gran depresión, "la industria experimentó un proceso continuo de abaratamiento a causa de la continua revolución tecnológica", por ello, la gran depresión fue "una espectacular deflación que en 20 años redujo el nivel general de precios casi en un tercio"; sus consecuencias fueron para muchos –como para los mineros mexicanos- catastróficas. Las dificultades de la lucha económica obligó a la mayoría de las potencias económicas regresar a políticas proteccionistas que se creyeron antes superadas, al mismo tiempo, la competencia económica permitió a los más "aptos" formar los primeros Trust y monopolios.[104]

Es notable el efecto negativo gestado a nivel mundial, pero aun más en países como México, sin embargo, es importante hacer énfasis en el papel que jugó la ciencia y la tecnología como elementos clave para el proceso de reestructuración minera mexicana (modernización). La depreciación de la plata se hace notar en 1873; se tiene un hecho paradójico, mientras que la plata sufre una tendencia a la baja en su valor, el oro goza de un alza en el mercado metalífero. Mientras que al interior de México, se nota una tendencia estable (de la plata), e incluso un aumento en la producción.[105] Sin embargo, se debe evocar el precedente a este hecho de contraposición en el mercado de metales. Sobre la década de 1850 en Estados Unidos (California) y Australia la producción de oro se superó históricamente respecto a la de plata, en cuanto a valor y peso, debido al novedoso hallazgo con ricos contenidos de metal aurífero. En este clima de preponderancia del oro sobre la plata, se configuró años más tarde (hacia 1869) en el acervo monetario de Europa Occidental una proporción semejante del metal amarillo con el blanco. Lo anterior motivó el descenso de la demanda de plata, y por ende su valor, pues el oro fue abundante en este

[104] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 408.
[105] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al.*, 1988, p. 286.

periodo, factor que determinó el cambio de modelo monetario por las principales potencias financieras en la década de 1870.[106]

Consecutivamente a lo anterior, el descenso del valor argentífero tiende a bajar. "En 1873 se inició una baja que se mantuvo durante 20 años, y a partir de 1893 el precio fluctuó en torno a un nivel (de unos 28 peniques, o 60 centavos de dólar por onza troy) que correspondía a una relación de valor aproximada de 34 a uno".[107] Efecto que respaldó la decisión por las potencias financieras en adoptar el monometalismo (oro), pues la disparidad era evidente e incisiva para seguir adosados al viejo bimetalismo (plata-oro).[108] Aunque el valor del metal blanco iba en descenso y su producción estaba en aumento, se tiene que entre 1873 y 1892 el crecimiento ascendió a 174.98% a causa de los yacimientos norteamericanos y australianos en apogeo tanto de oro como de plata. Aunado a esto el cambio de patrón monetario, confirman que la depreciación del metal blanco es un fenómeno exógeno a México.[109]

1.2.1. Del bimetalismo al monometalismo

El cambio de modelo monetario internacional basado en el monometalismo aurífero, tiene su antecedente con Inglaterra en 1816. Momento de conclusión de las guerras expansionistas de Napoleón Bonaparte, los ingleses predominaban en el comercio internacional; la moneda inglesa (libra esterlina) fue forjada exclusivamente en oro. Este hecho comenzó a socavar el modelo tradicional del bimetalismo basado en plata y oro. Lo cual generó reacción financiera a nivel mundial, y décadas más tarde motivó a varios países europeos a elaborar un plan de protección al bimetalismo. Surge así en 1865, La Unión Monetaria Latina creada por Francia, Bélgica, Italia y Suiza, que en seguida incorporaron a Grecia. Su finalidad estribó en mantener una paridad de la moneda de plata frente a la de oro, mantener una circulación activa de la moneda argentífera –al menos asegurar su

[106] Fernando Rosenzweig, 1993, p. 648.
[107] Fernando Rosenzweig, 1993, p. 647.
[108] La tendencia clara fue la de sustituir a la plata con oro como patrón monetario, abandonándose así el viejo bimetalismo, que se apoyaba en la tradicional relación de valor entre los dos metales preciosos de 15 a 16 kilogramos de plata por uno de oro: Fernando Rosenzweig, 1993, p. 647.
[109] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 290.

rotación entre los países integrantes de la Unión-, moderar la oferta y entre otras intenciones, la más importante fue mantener el patrón bimetálico.[110]

La Unión Monetaria Latina no logró contener el vertiginoso movimiento de la depreciación del metal blanco, por tres factores (además de las variables expuestas en el apartado anterior): primero, porque en 1873 Estados Unidos y Alemania optan por el modelo monometalista, les siguieron durante esa década y años posteriores otros países que adoptaron dicha postura financiera que impactó seriamente la demanda de moneda blanca; segundo, por un conflicto de orden bélico entre Francia y Prusia, cuestión que mermó la perdurabilidad de la organización; y tercero, ante este escenario inestable, Alemania consolido la devaluación de la plata (entre 1875 y 1879) al poner en circulación internacional grandes partidas de metal blanco. Esto confinó poco tiempo después la disolución de la Unión.[111] Véase a continuación la relación cronológica de cambio de patrón monetario por algunos países:

Tabla 6: *Principales países que optaron por el patrón monometalista (oro) en el siglo XIX e inicios del XX.*

Países	Año de adopción del patrón oro
Inglaterra	1816
Alemania	1873
Estados Unidos	1873
Países escandinavos	1875
Finlandia	1878
Rumania	1890
Austria-Hungría	1892
India	1893
Rusia	1897
Japón	1897
Perú	1902
México	1905

Fuente: Fernando Rosenzweig, 1993, p. 649. **(Elaboración propia).**

La devaluación de la plata era notable, sin embargo su volumen de producción fue en aumento, la "producción anual mundial subió de unos 40 millones de onzas finas en la década de los sesenta a 70 millones en los años setenta, a 100 millones en los años ochenta y 160 en los años noventa".[112] En contraste, su valor refleja que "la baja más acentuada de

[110] José Alfredo Uribe Salas y Rubén Darío Núñez Altamirano, 2011, pp.450-451; Fernando Rosenzweig, 1993, p. 648; Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 294.
[111] Fernando Rosenzweig, p. 648; José Alfredo Uribe Salas y Rubén Darío Núñez Altamirano, 2011, p. 451.
[112] Fernando Rosenzweig, 1993, p. 650.

la plata tuvo lugar en los noventa, cuando el nivel normal de su precio, antes de 16 a uno con relación al valor del oro, tendió a ser de 34 a uno".[113] Podemos ver como el fenómeno de la depreciación argentífera es de carácter internacional y vino a repercutir enérgicamente en la dinámica de la economía-monetaria y producción mineral de México. Con el fin de darle énfasis a la tesis respecto a la ruptura del esquema de producción de la "minería tradicional", es importante referir las oscilaciones cíclicas efectuadas durante el periodo porfirista a escala mundial. El objetivo es ilustrar cómo estos ciclos generaron en complemento con las medidas gubernamentales y empresariales del Porfiriato, y la inversión en ciencia, tecnología e innovación -en el caso mexicano- la configuración de una "minería moderna".

1.2.2. El fenómeno cíclico de la plata

En el lapso que va de 1873 a 1913 acontecieron por lo menos cuatros ciclos adosados al comportamiento mundial del metal blanco. El *1er Ciclo* se desarrolló entre 1873 y 1883: se caracteriza por darse la primera baja considerable –hasta entonces- del precio de la plata (en 1873), su descenso estriba en una caída del 12%; es decir, su paridad ante el oro correspondía a 15.93 onzas de plata a una de oro y al ocaso del ciclo era de 17.75 a una.

El *2do Ciclo* se da entre 1883 y 1893: se registra un segundo movimiento a la baja, ahora es más notable su devaluación, pues recae un 30% respecto del inicio del ciclo anterior (es decir, en 1873 la onza de plata se cotizaba en 59 peniques, en este segundo ciclo recayó a 41 peniques en el mercado londinense).

El *3er Ciclo* gestado de 1893 a 1902: se caracteriza por una fluctuación más radical, la paridad entre la plata y el oro estaba para 1894 en 32.56 onzas de plata por una de oro y el valor del metal blanco se cotizaba en 24 peniques. Pero, aun bajaría más para 1902, descendió un 60%, mientras que la onza se cotizaba en 21 peniques (históricamente, la plata sufrió en este momento la caída más fuerte).

Y el *4° Ciclo* se desarrolló entre 1903 y 1913: se distingue por ser el periodo donde surge una relativa recuperación del metal blanco. La plata se cotizó en 30 peniques (entre 1906 y 1907), sin embargo, la crisis económica mundial de 1907 lo limitó a 23 peniques que se mantuvo en este valor hasta 1911 (su paridad era 39.70 a uno). Mientras en México

[113] Fernando Rosenzweig, 1993, p. 650.

(en el año fiscal de 1908-1909) se registraba una notable producción de plata, que estribo en 2, 292,260 kilogramos. Para concluir el fenómeno de la depreciación –al menos del periodo correspondiente al Porfiriato-, tenemos que la plata descendió 60% de su valor entre 1873 y 1911.[114]

En lo anterior se puede leer una constante disminución del valor del metal argentífero en el periodo porfirista, sin embargo, se da un efecto paradójico, pues su producción aumentó. Mientras tanto la economía regional mexicana estaba en un proceso de reconfiguración. Léase de forma general la nueva conformación económica en el Porfiriato:

> Entre 1876 y 1910 tuvo lugar en México un notable proceso de desarrollo económico: se construyeron vías de ferrocarril que unieron el país y permitieron ampliar los mercados; se intensificó la producción minera y agrícola y se consolidó un sector de la economía orientado a la exportación; la mayor acumulación de riqueza hizo posible el inicio de la industrialización. En ello influyeron varios factores, entre los cuales es preciso destacar la estabilidad política y la transformación del marco legal, que propiciaron la llegada de capitales extranjeros y una mayor apertura a la economía internacional.[115]

Como se puede apreciar en esta descripción sobre la economía del Porfiriato, se observa un panorama de auge, lo paradójico de este hecho fue que el factor de despegue se debió a un fenómeno de repercusión negativa. Es decir, al descenso de la demanda de plata y el alza en la demanda de minerales de uso industrial, situación que motivó al gobierno, empresarios y científicos a diseñar medidas para estabilizar, recuperar y hacer crecer la economía nacional.

1.3. Políticas porfirianas, la apertura a capitales extranjeros

El Porfiriato fue un periodo de incidencias y coincidencias de orden coyuntural, a las cuales se sumó la actuación del gobierno que terminó por beneficiar la economía empresarial y la renovación minera mexicana. La crisis suscitada desde la década de 1870, afectó directamente a la minería tradicional de México. Esto encausó al gobierno a implementar múltiples medidas encausadas a resanar la economía minera (producción tradicional o argentífera). En este sentido se refieren las medidas más relevantes en beneficio de la

[114] Datos extraídos del apartado titulado "Los ciclos de plata" de la obra de: Enrique Canudas Sandobal, vol. I, 2005, pp. 407-417.
[115] Sandra Kuntz Ficker y Elisa Speckman Guerra, "El Porfiriato", en: *Nueva Historia General de México*, México, El Colegio de México, 2010, p. 506.

minería, por tanto, se podrá ver la activa intervención del Estado con una política de fomento económico. Además, ligado al periodo porfirista se ha de configurar en el contexto internacional, el proceso imperialista en el cuál México se insertó, pero como un país periférico. Es decir, abrió sus puertas a capitales exógenos para que explotaran sus recursos naturales, sobre todo los minerales tanto preciosos como de uso industrial.[116] En su trabajo Moisés Gámez expone que: "El denominado modelo de desarrollo hacia afuera *export-lead growth*, en Latinoamérica se gestó como resultado de la división internacional del trabajo producida en la segunda mitad del siglo XIX, a causa de la segunda ruptura tecnológica, que tuvo su centro en Europa y Estados Unidos. La consecuencia fue una alta demanda de materias primas y alimentos por los países industrializados. El crecimiento económico alcanzado constituyó la base del Estado oligárquico en América Latina, de corte liberal".[117]

La política de fomento arraigada al paradigma liberal que se implementó durante el Porfiriato, tiene su antecedente en los gobiernos juaristas. Pero, es de cuestionarse si dicha práctica de economía "liberal" fue empleada en estricto sentido, pues "Díaz apareció como el aplaudido promotor del crecimiento de la producción en todas sus ramas, en la medida en que otorgó todo género de facilidades y hasta subvenciones a los inversionistas interesados en la explotación de recursos naturales y contuvo a quienes se opusieron a este modelo de desarrollo".[118] Podría ser esta la ruptura que, historiográficamente se ha debatido respeto a la continuidad de la política económica liberal de los gobiernos antecesores al Porfiriato. Por ahora no es tarea remover ese asunto, eso sí, es un apunte para comprender de mejor manera cómo la política de fomento porfiriana se desarrolló y motivó al declinar la plata en el mercado internacional y, es donde Díaz y su distinguido gabinete con explicito protagonismo van erogar una serie de medidas para buscar resanar la economía.

Se puede cotejar que la política porfirista se basó en un patrón dual: por un lado, en su política de gobernación (control social) fue conservadora (centralización de poderes, de orden dictatorial) lo que promovió un marcado protagonismo de Díaz como figura principal, elemento que ciñó la desigualdad social. En dicho sentido hubo una convergencia

---

[116] José Napoleón Guzmán, *Michoacán y la Inversión extranjera 1880-1911*, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1982, p. 25.
[117] Moisés Gámez Rodríguez, *Propiedad y empresa minera en la Mesa centro-norte de México. Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas, 1880-1910*, Tesis de doctorado, Barcelona, España, Departamento de Economía y de Historia Económica de la Universidad Autónoma de Barcelona, 2004, p. 5.
[118] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 313.

tanto interna como externa, que empalmó los intereses de "las fracciones de la burguesía imperialista, que en esa fase de desarrollo del mercado mundial detectaban como más rentable la inversión en los sectores exportadores, como para la fracción hegemónica interna, en la medida en que esta vinculación a la acumulación de escala mundial representaba un formidable impulso para la expansión del mercado interno".[119] Esto sin duda coadyuvó a la reconfiguración económica de México, y a su vez, a la modernización de la actividad minera o en un sentido más amplio, dio pauta a la industrialización.

1.3.1. Legislaciones mineras

En el periodo porfirista se encuentran dos importantes legislaciones con especial tarea en fomentar la actividad minera: el *Código de Minas* de 1884 y la *Ley Minera* de 1892 (no fueron las únicas leyes emitidas en el Porfiriato, pero si las de mayor trascendencia). La primera el *Código de Minas* publicado el 22 de noviembre de 1884 (en este momento el presidente en turno era el compadre de Díaz, Manuel González), diseñado bajo dirección de la Secretaría de Fomento y entró en práctica el 1 de enero de 1885.[120] Se puede considerar este código –del México independiente- como la primera medida radical y pragmática elaborada por el gobierno para abatir el rezago en materia legislativa en beneplácito de la minería, pues en las anteriores disposiciones (*Ordenanzas de Minería*) se basaban en el modelo Borbón de 1783. "En sentido estricto, durante el tiempo en que estuvieron vigentes después de 1824 las Ordenanzas sirvieron sólo como marco general de referencia y no una ley que imperara con todo su vigor".[121] Por lo tanto –las legislaciones porfiristas- coadyuvan a la hipótesis de la "ruptura estructural tradicionalista de la minería", pues con dicha erogación se haría notar el modelo liberal, que va a flexibilizar el control sobre la inversión y brindará facilidades para quienes deseen invertir en la minería mexicana.

Antes de continuar con la importancia del código de 1884, apuntó los intentos anteriores por diseñar una política minera más flexible a la inversión privada, sobre todo la extranjera. En evidencia está, que la estructura en materia de política minera de los tres primeros cuartos del siglo XIX, se arraiga a las *Ordenanzas* emitidas desde el virreinato.

[119] Carlos San Juan Victoria y Salvador Velázquez Ramírez, 1980, p. 292.
[120] Guadalupe Nava Oteo, "La minería bajo el porfiriato", en: Ciro Cardoso (Coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1992 (10° edición), p. 341.
[121] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 346.

Signo vital de una minería enclavada en un accionar tradicionalista. Incluso al momento de la consumación de la Independencia y de la Constitución de 1824, ni aun así se reformó el esquema colonial en tal cuestión. Sin embargo, no significó que dichas ordenanzas permanecieran intactas, no se desplazaron y permanecieron como la columna vertebral de operación, pero si se exigió a lo largo de la centuria decimonónica ciertas adecuaciones acopladas a los avances científicos incursionados en la minería mexicana.[122] Esto evoca la urgente necesidad de plantear un nuevo modelo minero, desde las disposiciones legales hasta el aparato pragmático de producción mineral, que explícitamente podemos observar y calificar como "tradicional".

En la segunda mitad del siglo XIX la minería seguía mermada por las leyes virreinales, sus adecuaciones fueron simples y poco benéficas. De hecho, puede decirse que la situación en competencia legislativa, empeoró ligeramente después de que se promulgó la Carta Magna de 1857. Pues la federación había dado libertad exclusiva a las entidades federativas a que ajustaran su normatividad conforme a las necesidades de cada entidad, pues según esto, las exigencias regionales diferían (en cada entidad federativa se legisló con base en sus necesidades). Esto generó una contradicción, o mejor dicho, una fragmentación al interior del país que entorpeció el desarrollo minero. En esa vertiente, se actuó y se buscó reducir dicha disposición en la restauración de la República (en 1868), a petición de la Comisión de Minería, que solicitó flexibilizar el esquema colonial legislativo. Empero, su esfuerzo llevado (en 1873) a través de Matías Romero, fue infructuoso ante mineros connotados, porque según ellos resultaría en la quiebra minera. Lo que se pretendía modificar con tal intención de Romero y la Comisión, era una libre exportación de minerales, lo cual no se logró imponer.[123]

Los ánimos continuaron por renovar la estructura legislativa en proyección al desarrollo y, además de la urgencia habida, pues no hay que olvidar la eminente devaluación de la plata en el mercado mundial. Esta preocupación se manifestó un año después de que Porfirio Díaz tomará el poder, ya que éste, encargó la renovación de las leyes mineras que tenían casi un siglo de vida. Los designados para esta tarea fueron: Miguel Bustamante, José Ma. Lozano y Benigno Payro (ellos conformaron la comisión

[122] Para mayor puntualidad respecto al seguimiento de las Ordenanzas a lo largo del siglo XIX, véase: Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, pp. 346-349.
[123] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 423.

legislativa), a pesar de la preocupación ante la caótica situación económica de México, no fue prospera su iniciativa. Años posteriores se continuó con la encomienda de flexibilizar las ordenanzas, pero no tuvieron resultados eficientes hasta llegado el año de 1884. Momento en que ya se habían acumulado acciones más concretas por liberalizar y desarrollar la actividad minera.[124] "Así, para la elaboración del Código Minero de 1884, que unificó la legislación minera en el país, existieron tres importantes antecedentes: el proyecto de ley minera para el Distrito Federal y territorio de Baja California de 1874, el Código de Minería del estado de Hidalgo de 1881 y la Ley Minera del estado de Durango de 1881".[125]

Esto habla de la urgente necesidad de la minería mexicana por modernizarse desde el aparato legislativo hasta su planta de producción, cuestión que alentó el necesario cambio estructural. Referido este antecedente y, sumado a la depreciación argéntea de la década de 1870, y la inclinación exclusiva por el oro como medio fiduciario de las principales potencias financieras en 1873, vemos así como el Porfiriato fue el momento de convergencias externas e internas, que llevaron a la ruptura y renovación del esquema minero. Además como factor adicional y, a la vez fundamental, por sólo citar el caso del Distrito Minero de Guanajuato, donde "las minas comenzaron a mostrar una preocupante baja en las leyes de plata, situación grave si observamos que en Guanajuato no se producían minerales para la industria y su dinámica tuvo siempre como base sustantiva la producción argentífera".[126] Todo este cúmulo de incidencias fomentó el espíritu de cambio en el esquema legislativo en términos de minería.

Se puede decir que una de las primeras medidas emitidas por el gobierno de Manuel González expresó el gran ánimo liberal, dando así un punto a favor del quiebre y/o desfase estructural de la minería tradicional, accionado desde el marco jurídico. Hay que señalar que en dicho código además se estribó en exentar de impuestos para el carbón de piedra, azogue y hierro; así como el cobro fiscal de no más del 2% a los metales preciosos. Esta liberación y reducción de carga fiscal significaba un estrecho acaparamiento de impuestos,

[124] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 424.
[125] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 350.
[126] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 103.

situación que obligó a suspender dicha legislación de forma temporal de 1885 a 1887, en este último año se reactivó tal reglamentación, aligerando así los costos de producción.[127]

Además de algunas inconformidades con la primera ley, veamos de forma rápida el origen de la segunda. A pesar de que la ley de 1884 mostraba ser un paso firme a la apertura de capital extranjero, no significó que fuera congruente en sí misma, ya que presentaba algunas contradicciones. "La mejor prueba de la inoperancia de esa ley fue que entre diciembre de 1884 y junio de 1887 se dictaron más de 50 circulares tendientes a solucionar las confusiones y vacios de la ley".[128] A parte de su inconsistencia, se debe contextualizar el por qué esta legislación no podría tener objetivos alcanzables con eficacia. En primer momento, este periodo de gobierno (de Manuel González) converge con el segundo ciclo de contracción del precio de la plata (1883-1893), además entre 1882 y 1887 -a nivel mundial- se produce una crisis económica, lo cual dejó al nuevo Código de 1884 a la deriva del sinuoso escenario de la economía mundial. Esta acumulación de incidencias en el que se publicó la ley de 1884 y sus propias inutilidades, evidenciaron que su esquema era poco eficiente al momento de llevarlo a la práctica.[129] Tales cuestiones motivaron la postergación del Código minero. Ya en el poder –nuevamente- Díaz comenzó con su fase de consolidación política, y con ello hubo que rectificar ciertas medidas liberales de su antecesor, entre ellas la ley minera de 1884. Retomando el *Código de Minas* de 1884, veamos algunos artículos de este código extraídos textualmente, que dan evidencia de la apertura para el trabajo d explotación minera. Véase en el apartado de Anexos en: *Anexos 2.1*.

¿Cuáles son los cambios que consideró relevantes del *Código* de 1884, respecto de las *Ordenanzas* de 1783? Primero, las *Ordenanzas mineras* de 1783, de entrada se definen como proteccionistas, pues como son parte de la política-económica borbónica que tienen como fin reorganizar y controlar la administración de los cuerpos mineros y por ende, producir un despegue económico para la Corona española. Empero, esto implicaba un cúmulos de candados para promover la innovación científico-tecnológica, pues había que cumplir con varios condicionamientos, esto ocasionó que se siguieran practicando operaciones y formas de producción ya bien conocidas. Una de tantas condiciones que se

[127] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 328.
[128] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 354.
[129] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 415.

fincó en dichas normas (según Leonor Ludlow Wiechers) es que: "Las operaciones de compraventa del mineral y el metal fueran liberadas en el mercado pero quedaban sujetas a su registro ante las autoridades competentes, en el entendido de que estas transacciones sólo podrían realizarse entre particulares".[130] En otro punto se establece que: "El minero debía entregar su producto a la casa de ensaye o de función, ya que éstas estaban consideradas como las únicas instancias responsables para determinar el valor del mineral, fundirlo en barras y marcarlo con el sello real y del minero".[131] Así como la recaudación de impuestos mineros a través del *Banco de Avío*. Si bien tales disposiciones eran necesarias para la época y sus finalidades, la problemática que me compete discutir, es que el nuevo gobierno mexicano, no generó legislaciones mineras "trascendentes" en los primeros 50 años de vida independiente. Lo cual, terminó por rezagar el desempeño económico y de la minería, ese es el problema del ámbito legislativo.

Con la urgente legislación que necesitaba la minería nacional, en 1884, de entrada, se establece: "la exención [de impuestos] del carbón de piedra, hierro y el azogue de todo impuesto; la derogación del impuesto de circulación a los metales preciosos y a todos los productos de la minas […]".[132] Esta medida significó un aliciente para la inversión tanto local como extrajera. A parte se puede decir que el establecimiento de la "propiedad" con atributos interesantes para los inversores en la activad minera, será relevante. Por ejemplo, en el *Art. 3* se estipula: "La propiedad de las minas, placeres, haciendas de beneficio y aguas, a que se refiere el artículo 1o., se adquiere en virtud del descubrimiento y denuncio, las condiciones que en adelante se fijan en el presente Código". (Véase artículo en el apartado de *Anexos 2.1*). Luego en el Art. 4, se eroga la propiedad por tiempo ilimitado, siempre y cuando se trabaje y produzca, como a continuación se lee: "La ley concede a los particulares, conforme al artículo anterior, la propiedad de las minas por tiempo ilimitado, bajo condición de trabajarlas y explotarlas según los preceptos de este Código […]". (Véase artículo en el apartado de *Anexos 2.1*). De estas disposiciones hay algo que destacar, y es la aparición del criterio de "propiedad pública", dentro de la minería. Con este último artículo referido creo exponer la gran apertura cualquier particular que tuviera la capacidad de poner en acción productiva a una mina.

[130] Leonor Ludlow Wiechers, 1998, p. 67.
[131] Leonor Ludlow Wiechers, 1998, p. 67.
[132] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 328.

La segunda legislación "relevante", efectuada en dicho periodo fue la *Ley Minera* de 1892 (postulada el 6 de junio). En esta ley fue más evidente el modelo económico liberal, pues la propiedad minera ya no era necesariamente del Estado, sino que se podía adquirir por medio de la Secretaría de Fomento, consiguiendo con ello un título adquisitivo de minas.[133] Surge así la "propiedad privada" dentro de la minería mexicana. Esto sin dudas, fue una promoción político-económica que los empresarios trasnacionales no podían dejar pasar desapercibido. Pero nuevamente no se debe pasar por alto el contexto, recordemos que en el año de 1892 se estremeció aún más la economía nacional, pues el año fiscal de 1891-1892 no fue productivo, ni en materia fiscal, ni de producción agrícola, además del descenso más ceñido del precio de la plata a nivel mundial. Estos factores internos y externos, alentaron una vez más, a reformar la legislación minera de 1884.

Al estar aún Matías Romero en la Hacienda pública, contó con el apoyo de Limantour. Estos funcionarios impulsaron la nueva estructura hacendaria, esta se centraba en maximizar los recursos y con ello economizar al máximo. En este contexto, por lo tanto, se designó la encomienda de rediseñar la legislación minera de 1884; para ello nombraron a Manuel Fernández Leal (secretario de Fomento), como encargado de redefinir la política minera. Se tiene pues ya asentado el concepto de "propiedad privada", pero además, ¿bajo qué términos se estableció? Para matizar la noción de la propiedad minera, se cita textualmente el Art. 4o de la *Ley Minera de 1892*:

> El dueño del suelo explotará, sin necesidad concesión especial en ningún caso, las substancias [*sic*] minerales siguientes: Los combustibles minerales. Los aceites y aguas minerales. Las rocas del terreno, en general, que sirven ya como elementos directos, ya como materias del suelo, como las tierras, las arenas y las arcillas de todas clases. Las substancias [*sic*] minerales exceptuadas de concesión en el artículo 3o. de esta ley; y en general todas las no especificadas en el mismo artículo de ella […] (véase *Anexos 2.2*).

Así la *Ley Minera de 1892*, se postulaba aún más liberal que su antecesora, ya que fomentó la inversión privada en un contexto de facilidades gubernamentales. Sumando al derecho de adquirir una propiedad minera, se suma el carácter de anulación de concesiones. Aunque se encuentra en esta cierta lentitud por causa burocrática, lo que generó un retraso en la inversión, sin embargo, no disminuyó los ánimos por invertir y maximizar la

[133] Guadalupe Nava Oteo, 1992, p. 341.

producción de metales preciosos y de uso industrial.[134] A parir de esta legislación se gesta una segunda ola de inversiones extranjeras que terminar por redefinir el nuevo esquema de minería "moderna".

Finalmente el gobierno porfirista optó por implementar el modelo monometalista basado en el uso exclusivo de oro como medio fiduciario en 1905; la compleja situación económica alentó, y casi puede decirse que obligó a tomar tal acogimiento.[135] "La reforma monetaria mexicana de 1905, que acabó adoptando el patrón oro para el país cuyo territorio era una costra de plata, pareció un éxito más del gobierno de Porfirio Díaz, que desde hacía un cuarto los destinos nacionales [*sic*], la reforma había estimulado positivamente la inversión de capitales".[136] Esto se anexa a la tesis de la ruptura estructural, pues con esta adopción monometálica se desplazaba rotundamente el modelo tradicionalista basado en el bimetalismo mexicano (sobre todo en la plata).

Sin embargo, la estabilidad económica porfiriana tendría un fuerte epicentro en 1907, con la crisis económica mundial. Esto, sumado a la cuestionable política que Díaz creó, al dar paso libre a las empresas extranjeras, fomentó la presión política hacia su régimen, y culminó erogando una última ley minera en su periodo. Ahora en la nueva legislatura se retrocedía con respecto de la *Ley Minera de 1892*, que estipulaba la propiedad a particulares, ahora en la *Ley Minera de 1909* las propiedad mineras regresaban al control del Estado. Dicha legislación pasó sin cuestionamiento después de la Constitución de 1917.[137] Al menos con respecto al periodo porfirista, se puede decir que, su política de fomento apoyada en el modelo liberal, coadyuvó en la fractura estructural de la minería tradicional, pues con las legislaciones fincadas a lo largo de su mandato, se puede afirmar que dio apertura y flexibilidad para la explotación y procesamiento minero-metalúrgico y, configuró una minería moderna, que si bien al final en su última ley regresó el control al estado, no significó que la "modernización minera" haya retrocedido, pues esta, ya estaba consolidada como nuevo paradigma de producción.

[134] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, pp. 328-357.
[135] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 331.
[136] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 468.
[137] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 358.

1.3.2. La entrada de capital extranjero a la minería mexicana durante el Porfiriato

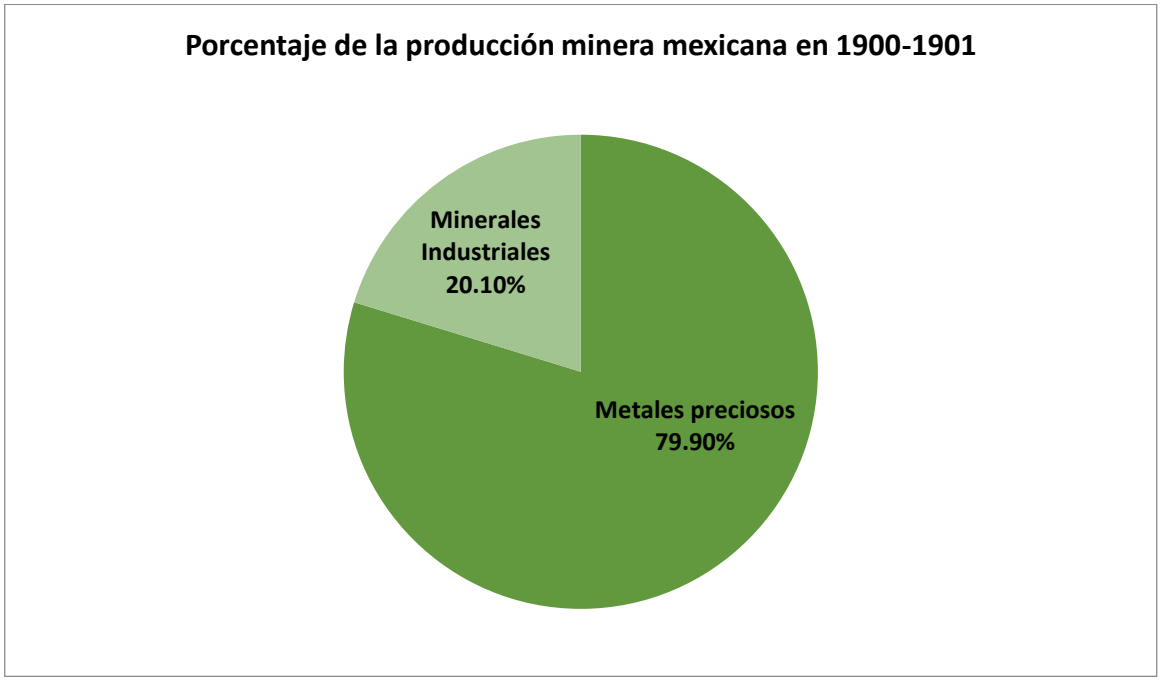
Dentro del periodo porfirista, las inversiones extranjeras –específicamente- las dirigidas a la actividad minera se han de distinguir –principalmente- en dos momentos. El primer lapso inversionista se nota en las décadas de 1870 y 1880. La segunda ola se da en la última década del siglo XIX y primera del siglo XX. Esto se hará más explícito en el capítulo tres. La introducción de capitales extranjeros a la minería nacional, a parte de la política liberal del gobierno mexicano, también está motivado por la demanda internacional de minerales de uso industrial y vemos como estos últimos no están desvinculados de la producción de los metales preciosos. Véase en el siguiente cuadro y gráfica la dinámica de crecimiento de los metales de uso industrial a causa de la demanda externa:

Tabla 7: *Aumento de producción mineral de tipo industrial (toneladas de 1891-1911).*

Año	Cobre	Plomo	Zinc	Mercurio	Antimonio	Hierro	Carbón
1891-92		38,860		245			275,000
1892-93		55,766		263			305,000
1893-94		60,500	350	293	45		280,000
1894-95		62,500	400	257	340		285,000
1895-96		65,000	500	216	1,916		261,552
1896-97	6,483	67,319	550	256	4,552		306,087
1897-98	8,761	71,540	900	324	5,903		363,132
1898-99	10,783	78,049	950	339	8,157		388,159
1899-00	11,883	74,242	900	224	6,348		398,551
1900-01	11,572	79,011	1,000	126	3,708	3,273	528,989
1901-02	11,446	100,500	800	160	3,161	2,832	689,827
1902-03	13,736	103,669	850	190	1,761	6,178	744,827
1903-04	16,673	97,771	900	189	1,999	16,683	805,881
1904-05	19,950	98,103	1,400	190	1,586	21,554	875,881
1905-06	28,208	87,448	12,283	195	1,948	25,368	843,932
1906-07	35,150	74,929	22,882	200	3,517	27,072	986,222
1907-08	41,199	101,584	19,424	200	4,331	23,319	945,449
1908-09	48,900	122,598	9,325	200	3,888	36,106	1,083,159
1909-10	58,604	121,239	2,417	226	3,730	51,677	1,302,056
1910-11	63,532	120,525	1,713	203	3,931	59,332	1,352,056

Fuente: Moisés, Gámez Rodríguez, *Propiedad y empresa minera en la Mesa centro-norte de México. Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas, 1880-1910*, Tesis de licenciatura, Barcelona, España, Departamento de Economía y de Historia Económica, Universidad Autónoma de Barcelona, 2004, p. 44.

Gráfica 4: *Desplazamiento parcial de los metales preciosos por los industriales (1900-01).*



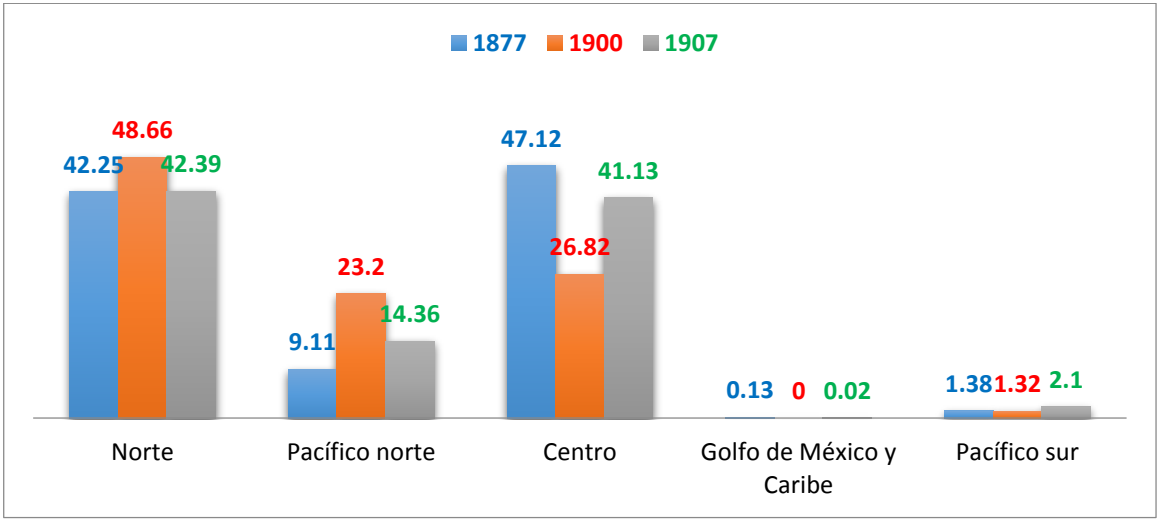
Fuente: Guadalupe Nava Oteo, 1980, p. 357.

Esto implicó una restructuración geográfica y económica en términos de producción mineral, pues "en 1877 el 46.3% de la producción se hallaba en los estados del centro, en 1900 la mitad correspondía a los del norte, y en 1907 llegó hasta casi el 57%".[138] La diversificación minera no necesariamente habría de ser exclusiva a la explotación de minerales precisos, ahora los minerales de uso industrial ocuparían mayor atención por los empresarios mineros; sin que esto sugiera un desplazamiento definitivo de los primeros. El oro y la plata no salieron del renglón de preferencia en caso de topar con ellos, pues en algunos casos la explotación de estos fue periférica a la de los de tipo industrial. Hay que tener en claro el rumbo de las inversiones extranjeras también evidencian una tendencia diversificada. Tan solo en la misma minería, el mercado internacional demandaba el zinc, plomo, cobre, antimonio, etcétera, para ello se tuvo que impulsar el desarrollo de vías férreas, electricidad y combustibles fósiles como el petróleo.[139] Esto es signo vital de la demanda erogada por una Segunda Revolución Industrial y demás factores que coincidieron en este régimen y que se anotaron con anterioridad. Por ejemplo, en el siguiente gráfico se ilustra cómo la diversificación minera durante el Porfiriato, sufrió una

[138] El autor refiere a los siguientes estados en el centro de México a Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, San Luis Potosí y Zacatecas, en: Guadalupe Nava Oteo, 1992, pp. 351-352.
[139] Fernando Rosenzweig, 1993, pp. 635-636.

descentralización como consecuencia de la demanda de los metales industriales, por lo que se nota ya, la alta actividad minera en la zona norte de México.

Gráfica 5: *Valor de la producción minera regional (1877-1907).*



Fuente: Guadalupe Nava Oteo, 1980, pp. 339-340.

En la *Gráfica 5* se expone gráficamente cómo la región centro ya no es la única ni la más predominante en términos de producción minera. Nótese como el valor de la producción minera regional se descentralizó. Factor que se adhiere a la noción de "fractura estructural", pues la región centro conformó el esquema "tradicional". Respecto a la introducción de inversión extranjera, reitero, se distinguen dos momentos de inyección monetaria. Dichos lapsos coinciden con la política de fomento porfirista y se van a expresar con un notable "auge minero" distinguido entre los años de 1884 y 1911.[140] Es evidente que las legislaciones efectuadas en 1884, 1887 y 1892 impulsaron el ánimo del inversionista local y sobre todo del foráneo. En la medida que la política era tendenciosa a los capitales externos, la inversión crecía, por lo tanto la modernización minera se desarrollaba. Dicho auge minero se debe a la ciencia, tecnología e innovación como agentes de despegue.

Antes de hablar de números en la inversión a la minería, es prudente advertir que no pude precisar una cifra cabal u homogénea para su estudio, pues la información habida

[140] El gobierno de Manuel González resultó incisivo en el ámbito de las inversiones, pues este fincó en el último año de su mandato el Código de 1884, legislación que abrió liberalmente a capitales extranjeros, a partir de dicho año, inició una segunda fase de inversión consolidándose entre 1884 y 1910-11, Guadalupe Nava Oteo, 1992, pp. 347-349; Luis Nicolau D´Olwer, "Las inversiones extranjeras", Daniel Cosío Villegas (Coordinador), *Historia Moderna de México, El Porfiriato, La vida económica, Segunda parte*, México, Hermes, vol. VIII, 1993, p. 1090.

resulta muy compleja, en ocasiones incompleta. Son varios los autores que han planteado y expuesto cantidades, que evidencian una disparidad en sus cifras, señal de inconsistencia, incluso sobre un mismo rubro analizado.[141]

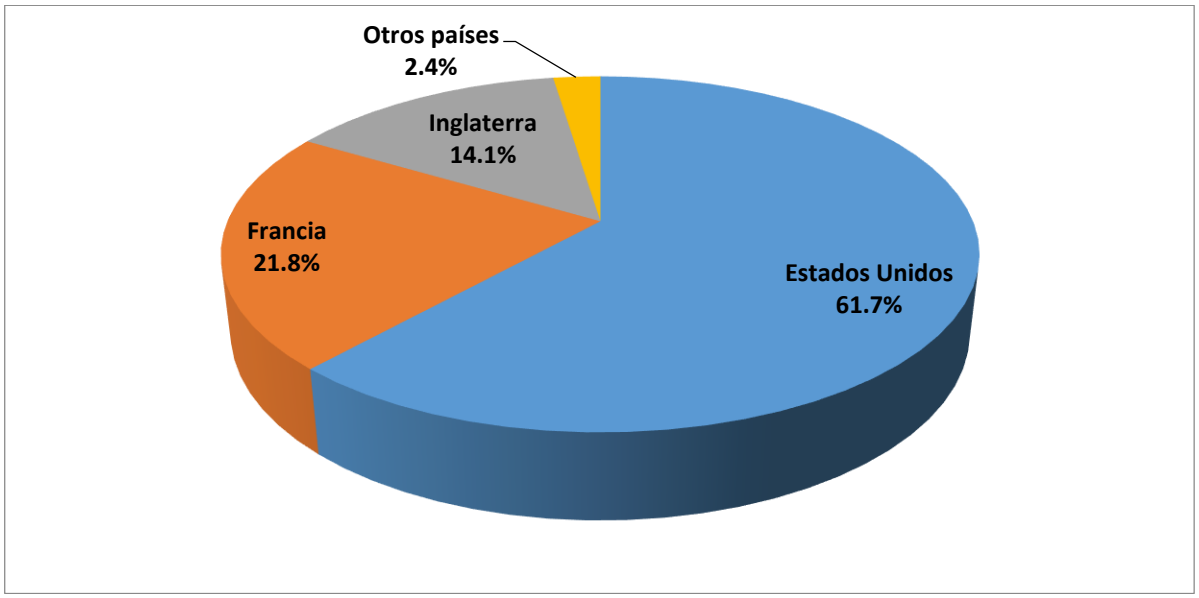
Una de las cifras en denominación general de inversión, que se calcula para 1884 ascendía a 110, 000, 000 de pesos, mientras que, para 1911 los números cifraban 3, 400, 000, 000 de pesos.[142] Esta última estimación dista de la expuesta en el total de un cuadro de Luis Nicolau D´Olwer[143] su cantidad suma 3, 400, 837, 960, para 1911. Esto evidencia la diferencia de los diversos resultados, pero sirven como montos de estimación aproximada en la inversión total al ocaso del Porfiriato. Con respecto a la inversión, en específico de la minería, saltan datos también en ocasiones disparejos; sin embargo, son más precisas las cifras en este rubro, por ser de alta relevancia en la economía porfirista. "De manera preferente las primeras inversiones se encaminan hacia los trabajos mineros, inclusive se puede afirmar que fue esta actividad la que en muchas ocasiones determinó el rumbo de los ferrocarriles".[144] Esto habla de la importancia y posición que el gobierno tenía respecto de la actividad minera.

Hacia 1911 en una de las estimaciones más consistentes respecto a la inversión foránea en materia de minería se concibe en 817, 199, 140 pesos. De los cuales el capitalista predominante es Estados Unidos con 499, 000, 000, le seguía Francia con 179, 552, 000, en tercer lugar Inglaterra con 116, 887, 140, y los otros países con menor inversión aglutinaron 21, 760, 000.[145] Esto es muestra de cómo las legislaciones porfiristas condujeron a una postura de economía liberal, aunque con una política gubernamental centralizada, protagonizada por un reducido círculo de figuras donde obviamente la principal es Porfirio Díaz. Esto no debe confundirse con que su modelo económico fue liberal o no, lo que sí se puede decir, es del seguimiento meticuloso para obtener una bonanza económica, ¿ganancia para quién, para el pueblo mexicano, para cierto grupo local acaudalado o para las compañías extrajeras? este no es el momento de debatir dicha

[141] Para mayor información sobre el análisis de disparidad de cifras sobre inversión extranjera en el Porfiriato, véase: Luis Nicolau D´Olwer, 1993, pp. 1130-1167.
[142] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 359.
[143] Luis Nicolau D´Olwer, 1993, p. 1155.
[144] José Napoleón Guzmán Ávila, 1982, p. 27.
[145] Guadalupe Nava Oteo, 1992, p. 349.

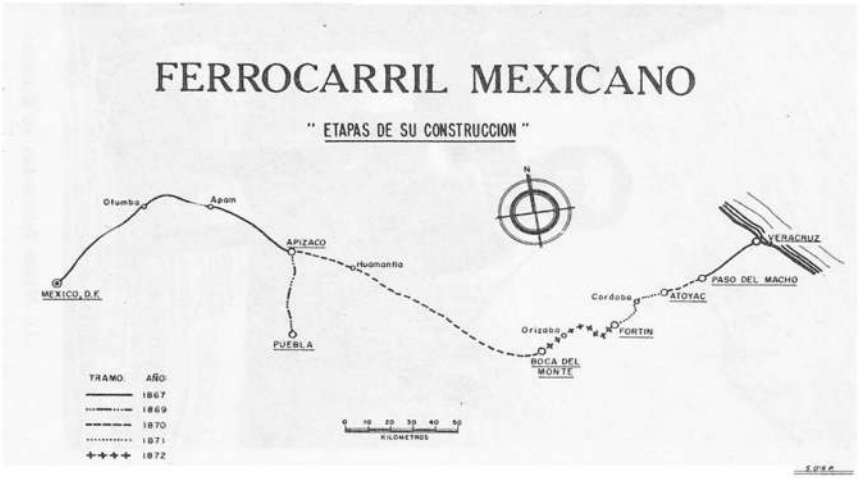
cuestión, pues mucho sugiere ya la historia al respecto. En el siguiente gráfico se ilustra el porcentaje que representó cada país en el sector de inversión minera en México:

Gráfica 6: *Países inversionistas en minería del Porfiriato en 1911 (en porcentajes).*



Fuente: Guadalupe, Nava Oteo, 1980, p. 349.

Mapa 1: *Etapa de construcción Veracruz-México, D.F. 1867-1972.*



Mapa extraído de: Daniel Cosío Villegas, *Historia Moderna de México. La República Restaurada II. Vida Económica*, México, Hermes, 1993, p. 608.

Los números en cuestión de inversión minera al inicio del régimen porfirista eran escuetos a comparación de su último año de gobierno. Apenas en el primer episodio del

mandato porfirista, la inversión para el rubro minero era de 826, 000 pesos[146] mientras que para 1911 habían corrido los números hasta 817, 199, 140 pesos como se anotó anteriormente. La disparidad de las estimaciones referidas acusa la gran apertura económica que generaron las leyes mineras y su política de fomento. Sin embargo, hay algo casi tan elemental como la importancia de la producción minera durante el Porfiriato, se trata del ferrocarril. Pues sin el desarrollo de este sistema de locomoción la actividad económico-minera no hubiera tenido el mismo despegue como el que se tuvo. Sin duda, el modelo ferroviario desarrollado a la magnitud del Porfiriato fue un elemento más que se adhiere a la hipótesis de este estudio, pues el enorme auge ferrocarrilero en dicha época también promovió la reestructuración del antiguo esquema de producción minera, ya que este motivó la diversificación tanto geográfica como de producción de minerales, recordemos que durante la Colonia y tres primeros cuartos del siglo XIX, la economía dependía elementalmente de los metales preciosos, con énfasis productivo de la plata. A continuación se exponen algunos mapas[147] que nos ilustra cómo se desarrolló el tendido de vías férreas durante la segunda mitad del siglo XIX.

El ferrocarril se desarrolló conforme el rito de inversión, para ello se distingue a los países participantes y los montos inyectados al rubro ferrocarrilero de México. Para 1911 la suma de inversión ascendía a 1, 128, 545, 462 pesos; de dicha suma, el principal país inversor fue Estados Unidos con 534, 683, 463 pesos; en segundo lugar Gran Bretaña sumaba 401, 396, 000 pesos; después Francia con 116, 240, 000 pesos; seguido de otros países con inversión de 34, 432, 000 pesos; les seguía Holanda con 23, 074, 000 pesos; y Alemania cifraba 18, 720, 000 pesos.[148] Las robustas cifras invertidas en el ferrocarril superan considerablemente a las mineras, esto habla de que el sistema ferroviario no estaba destinado exclusivamente a la minería, sino al desarrollo económico en general producto del mismo incentivo de diversificación económica ligada a otros campos de producción como la agricultura, entre otros. Con estas estimaciones vemos que los Estados Unidos

[146] Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, p. 362.
[147] Serie de mapas extraídos de: Francisco R. Calderón, "La República Restaurada. Vida Económica", Daniel Cosío Villegas (compilador), *Historia moderna de México*, México, Editorial Hermes, Vol. II, 1993, p. 669 (mapas: 1 y 2); Daniel Cosío Villegas, et. al., *El Porfiriato. La Vida Económica. Primera Parte*, México, Editorial Hermes, Vol. VII, Tomo 1, 1993, pp. 566-670 (mapas: 3 y 4).
[148] Luis Nicolau D´Olwer, 1993, p. 1155.

encabezan las inversiones tanto en minería como en los ferrocarriles y, en general es el inversor preponderante en México para el fin del Porfiriato.

Para cerrar este primer apartado, es necesario valorar si se han resuelto las interrogantes de algunos de los objetivos. Primero la ruptura del esquema de producción minera mexicana (minería tradicionalista), como hipótesis elemental, y que además de las políticas y las inversiones, se debe sostener que fueron la ciencia, la tecnología y la innovación las que revertieron y complementaron el nuevo esquema minero (minería moderna) de forma exitosa.

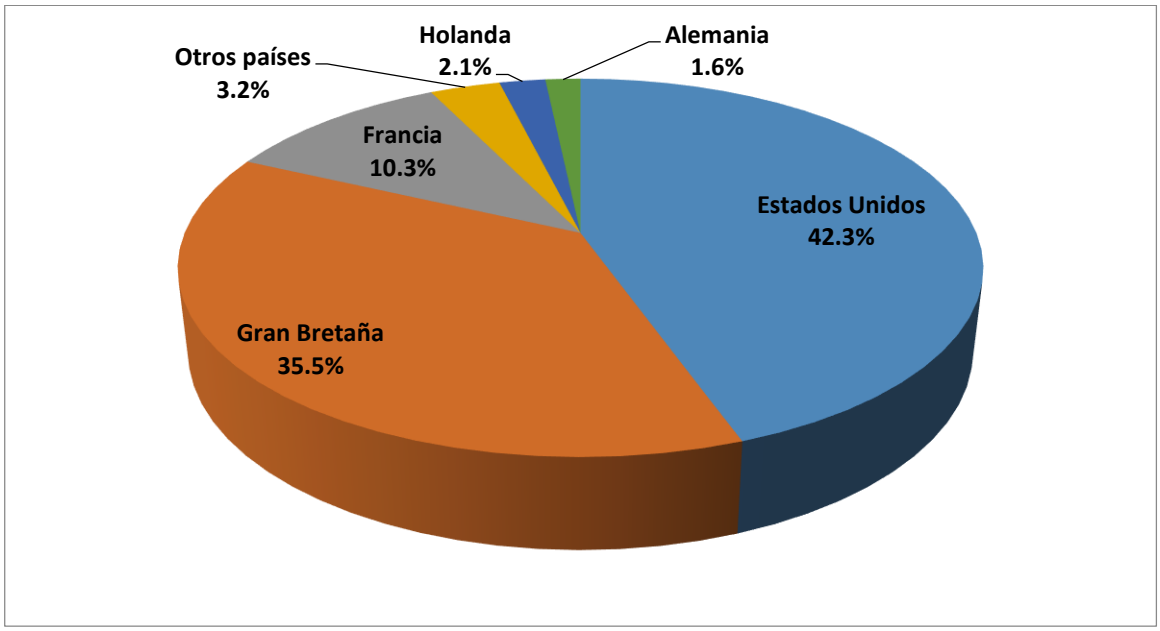
Mapa 2: *Conexión terrestre ferrocarrilera, el auge de la modernidad, 1898.*



Mapa extraído de: Francisco Calderón, "Los ferrocarriles", Daniel Cosío y Villegas, coord., *Historia moderna de México, vol. VIII. El Porfiriato. Vida económica*, 3ª ed. México, Hermes, 1985.

Para dimensionar gráficamente la participación de los países inversionistas en el rubro ferrocarrilero, véase la siguiente gráfica que muestra el porcentaje que representó cada nación:

Gráfica 7: *Países inversionistas en ferrocarril del Porfiriato en 1911 (en porcentajes).*



Fuente: Luis, Nicolau D´Olwer, "Las inversiones extranjeras", Daniel Cosío Villegas (coordinador), *Historia Moderna de México. El Porfiriato VIII. Vida económica. Segunda parte*, México, Hermes, 3ra edición, 1985, p. 1155.

Como vimos la coyuntura generada en la minería, se originó desde el exterior arraigado a diversos factores. En primer momento, la depreciación de la plata, es decir, con "la ley de la oferta y la demanda" se benefició en mayor medida el tráfico de oro (a escala mundial), pues para la década de 1870 había un excedente de producción argentífera. Esto impactó fuertemente en la industria minera mexicana, pues ahora la demanda se inclinaba al metal áureo o bien, derivado de la Segunda Revolución Industrial y auge Imperialista (y/o fusión de ambos fenómenos), la tendencia se enarbolaba al requerimiento de metales de uso industrial (zinc, plomo, cobre, etc.), ante tal escenario, hay que agregar que la plata estaba en sobre abundancia por la económica forma de la producción. Por lo tanto, argumentamos que el punto de partida de nuestra hipótesis -sobre la fractura estructural- comienza con este hecho de clase mundial, que es donde se desplaza parcialmente la alta demanda de monedas de plata en el mercado internacional. Y por tanto, la tradicional minería mexicana sufre el primer embate a su producción.

Mapa 3: *Las vías férreas, el camino del progreso, 1910.*



Mapa extraído de: Francisco Calderón, 1985.

Sumándole el cambio de patrón argentífero por el áureo en el ámbito fiduciario a partir de la década de 1870 por las potencias financieras, la minería mexicana pronto quedó desfasada (parcialmente) del escenario global de los metales. Surge entonces la necesidad de reformar su estructura, y ante ello, el gobierno porfirista toma una postura preocupante en el reposicionamiento de la producción mineral de México en el mercado mundial. Entonces, se parte de que, en efecto, se da una ruptura, y dichos elementos referidos son la causa de la modificación de la estructura de la producción minera. Esto consistió en un cúmulo de acciones gestadas en el escenario porfirista, desde medidas políticas (legislaciones) para la atracción de inversión foránea, la cual permitió modernizar "las operaciones y formas de producción minera mexicana", entre otras cuestiones definieron un cambio cualitativo y cuantitativo. Ahora veamos que tan importante fue el manejo del

gobierno mexicano ante tal situación. Empresarios, científicos y políticos se sumaron a la causa por reposicionar la estabilidad de la plata, esto también se diferenció de la época tradicionalista, pues se fomentaron nuevas legislaciones para liberar el accionar de los inversores en este rubro. Simplemente, puedo decir, que son dos escenarios histórico-político-económicos distintos (el novohispano y el México independiente), por tanto era necesario innovar el patrón de gestión de los recursos mineros que fungieron y han fungido como espina dorsal (antropomórficamente hablando) de la economía mexicana. Para que se muestren más claros los planteamientos iniciales, configuro el siguiente esquema. Defino que la fractura estructural de la minería tradicional se da en tres etapas, pues como he dicho, fue un proceso gradual el cual se consolidó con el éxito de la implementación eficiente de ciencia, tecnología e innovación en la minería de oro y plata. Por lo tanto presento el siguiente esquema:

Proceso gradual de evolución minera: de la tradicional a la moderna

A. *Inicio de la fractura* de 1870 a 1884: en primer momento se tiene la abundancia auro-argentífera, derivada de la "fiebre del oro" de California (EE.UU.) y descubrimientos auríferos en Australia, estos hechos ocurridos desde la década de 1850. Lo cual motivó la baja del valor de la plata, respecto del oro. Por otra parte y no ajeno a lo anterior, las principales potencias financieras se definieron por el monometalismo (basado en oro) como elemento fiduciario a partir de 1873; esto empeoró la condición de la plata y repercutió a la minería mexicana de corte tradicional. Además el lapso de 1873 a 1913, fue de alzas y bajas para el precio de metal blanco. Esto se traduce –desde el enfoque que planteo- como el punto de partida del "quiebre estructural" para la producción minera tradicional (1870-1884).

   En este periodo, distinguido como crítico para la minería mexicana, se puede decir que concluye en 1884, como la primera etapa de la ruptura tradicional, ya que en dicho año se publica el Código de Minas, como primer esfuerzo del gobierno en beneficio de la economía-minera. Aunado a ello, el ejercicio de cooperación de las sociedades mineras hasta entonces constituidas, también coadyuvaron en intentar rescatar la actividad

económica de mayor impacto para la época en nuestro país. Además en las décadas de 1870 y 1880 paradójicamente ocurre la primera ola de inversiones en la minería de la segunda mitad del siglo XIX.

B. *Desfase estructural 1884-1898:* defino esta etapa como la ruptura de forma más marcada, debido a los resultados de las legislaciones de 1884-1887 y 1892, con el marcado énfasis en la adquisición de propiedad minera por tiempo ilimitado e incluso sin necesidad de concesión (propiedad privada), lo cual, incentivó la segunda ola inversión en crecimiento, y que fueron las precursoras del fomento de ciencia, tecnología e innovación al beneficio de la minería de oro y plata.

   En este lapso, también se puede considerar como crisol para la minería mexicana y para algunos empresarios, ya que con el fin de mejorar y economizar en la producción, se implementan nuevas tecnologías como la cianuración y motores electrificados, más el vertiginoso crecimiento de líneas férreas y algunas conexiones con ciertas minas (surgido en contados casos pero ya se toma como referente de evolución) acompañados de abultadas inversiones. A partir de esta etapa la minería mexicana ya no es tradicional completamente, sino que se encuentra en un estado de cambio que culminará en la primera década del siglo XX.

C. *Consolidación del esquema moderno 1898-1910:* en esta etapa se consolida una práctica "moderna en la minería" en México, contamos ya, con modernas instalaciones desde la extracción hasta el proceso metalúrgico. Que si bien no fue homogéneo en todas la minas y regiones, para este caso (región centro), las empresas más grandes imprimieron el ritmo a la región e influyeron en el desempeño económico nacional, con su valiosa producción de oro y plata. Esto es signo vital de una minería con una nueva estructura de producción, es decir, moderna. En este lapso, la segunda ola de inversiones se intensificó.

2. INNOVACIÓN EN LA MINERÍA Y METALURGIA AURO-ARGENTÍFERA MEXICANA

Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo.
Arquímedes[149]

En el capítulo anterior se hizo referencia a las causales de fragmentación entorno al esquema de producción minero tradicional. Aludí las variables dependientes e independientes que ocurrieron –en parte- por la influencia del Imperialismo, la Revolución Industrial y económica suscitados por el devenir histórico, en la segunda mitad del siglo XIX. En este apartado, el análisis versa en el seguimiento de las medidas generadas por los hombres de ciencia en beneficio del rubro minero. Es decir, sobre las incorporaciones de los elementos científico-tecnológicos motivados por las fuertes inversiones que generaron innovación en la producción minera del México porfirista.

Según la hipótesis que se planteo: los agentes de "ciencia, tecnología e innovación" son los artífices del éxito de las medidas implementadas por las empresas y empresarios, pero a la vez, elementos (ciencia y tecnología) que se han modificado e incluso sofisticado por los científicos locales y extranjeros de la época instalados en territorio mexicano. Mientras que la política de fomento del gobierno, las portentosas inversiones y los proyectos visionarios en la industria minera, fueron la preparación del terreno, el respaldo, o bien, un escenario apto para dar entrada a la "modernidad". Sin la innovación científica y tecnológica, la producción minera no hubiera logrado el auge económico que conocemos del régimen de Porfirio Díaz. En este sentido, analizo cómo la ciencia y la tecnología concretaron una modificación en la estructura de producción minero-metalúrgica.

La historia de la Ciencia y la Tecnología ha sido desarrollada en menor medida que la historia vista desde otros enfoques (por ejemplo: económico, político, social, cultural,

[149] Con esta expresión, Arquímedes hacía referencia de la funcionalidad que produce una "palanca", al apoyarse en un punto fijo y hacer fuerza para mover objetos de mucho peso con poco esfuerzo. ¿Quién era Arquímedes? Este hombre de ciencia (matemático) nació en 287 a. n. e., en Siracusa (de Grecia), hizo varias aportaciones a los conocimientos sobre todo a las Matemáticas y a la Física (aunque en dicha época no se consideraban como ciencias): Fernando Alba Andrade, *El desarrollo de la Tecnología, la aportación de la Física*, México, SEP, Fondo de Cultura Económica, 1987, p. 38; Edward Parra S., "Arquímedes: su vida, obras y aportes a la matemática moderna", *Revista digital Matemática, Educación e Internet* (www.cidse.itcr.ac.cr/revistamate/), Vol. 9, No 1, 2009, pp. 3-5. [En línea] http://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/ContribucionesV9_n1_2008/Arquimedes1.pdf [Fecha de consulta: 01 de Agosto de 2015].

etcétera). Sin embargo, "En las últimas décadas, el interés se ha volcado hacia el aspecto tecnológico-científico en la sociedad, impulsado por el auge de la disciplina moderna de la Historia de la Ciencia y de las Técnicas, área de estudio que percibe la minería y la metalurgia como paradigma del desarrollo de la tecnología tanto en el Nuevo como en el Viejo Mundo".[150] Por tal motivo es que busco exponer y proliferar la discusión historiográfica en el ámbito de la historia de la Ciencia y de la Tecnología, con relación a una actividad económica de importancia mundial e histórica. Con ello me refiero por supuesto a la minería; y en este caso: a la minería de oro y plata del México porfirista.

¿Por qué desarrollo el estudio en dicho rubro y periodo? Históricamente (la historia de la minería) el periodo de gobierno de Porfirio Díaz converge con una serie de factores tanto externos como internos, de los cuales resultó un cambio radical en la práctica minera y metalúrgica. Fue tal el impacto, que dicho fenómeno se presta a indagar nuevas líneas o simplemente profundizar, o, dar nuevos enfoques a una muy discutida historia minero-económica. Por tal circunstancia, el trabajo va encaminado a explorar la actividad minera a partir de la importancia científico-tecnológica.

Antes de comenzar a desarrollar este capítulo, se refiere en primer lugar los conceptos básicos de la tesis (ciencia, tecnología e innovación). Se concibe por Ciencia al "Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales. En otra acepción, ciencia es el conjunto de conocimientos relativos a las ciencias exactas, fisicoquímicas y naturales".[151] Para la hipótesis se toma la primera acepción de la cita, y la hago referente al asunto minero mexicano con el fin de analizar así la historia minera y la evolución de la práctica minera desde la época colonial hasta el Porfiriato.

Aunque –desde la concepción planteada- la Tecnología deriva en gran parte de la Ciencia y no significan lo mismo, por lo tanto, es necesario hacer la distinción y cómo se

---

[150] Manuel Castillo Martos, "Ciencia, Técnica y ¿Felicidad?, Belem Oviedo Gámez, Miguel Iwadare Iijima y Marco A. Hernández Badillo (Coordinadores), *Patrimonio Industrial Minero. Nuevas Alternativas para una Gran Historia*, México, Archivo Histórico y Museo de Minería Asociación Civil, Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial-México, Offset Universal, 2010, p. 375.

[151] Extracción: Paula González F. (Coordinadora Responsable), CONICYT. Comisión Nacional de Investigación Científica Y Tecnológica. *Conceptos Básicos de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Santiago, Chile, Departamento de Estudios y Planificación Estratégica, Gobierno de Chile, 2008, pp. 18. [PDF]. [Fecha de consulta: 21/07/2015] http://www.conicyt.cl/wp-content/uploads/2012/09Conceptos-B%C3%A1sicos-de-Ciencia-Tecnolog%C3%ADa-e-Innovaci%C3%B3n-2008.pdf. Fuente: Real Academia Española, *Diccionario de la Lengua Española*, Madrid, España, Espasa Calpe, 21aed., 1992.

aplica el concepto para esta investigación. Tecnología es el "Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico. En otra acepción, tecnología es el conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto".[152] En este caso, ambas acepciones de la definición son aplicables al campo minero en estudio; pues las dos exponen la manera en que la Tecnología interactuó con la dinámica minera tradicional y moderna.

Se entiende por Innovación al "Proceso de creación de valor económico mediante el cual ciertos productos o procesos productivos, desarrollados con base a nuevos conocimientos o a la combinación novedosa de conocimiento preexistente, son introducidos eficazmente en los mercados y, por lo tanto, en la vida social".[153] O que también puede definirse como "cambio tecnológico", y que se define –según Ortiz Villajos- como "[…] el proceso de mejora de las técnicas de producción dirigido a aumentar la productividad. De otra manera se podría decir que es el crecimiento o mejora de la *capacidad tecnológica*, que es el nivel técnico que hace posible una empresa, industria o país producir bienes y servicios con una determinada calidad y competitividad".[154] De esta forma se puede decir –con base en las concepciones referidas- que la innovación es –para este caso- una modificación de varios elementos que configuran finalmente la modificación del proceso de producción minero y metalúrgico. La innovación pude derivar de la ciencia (de los conocimientos preexistentes) y de la tecnología (como mejoramiento o desplazamiento de artefactos, etcétera).

En este sentido se debe comprender la importancia del progreso científico y tecnológico como motores para el desarrollo de la economía y viceversa. "Durante siglos el

---

[152] Extracción: Paula González F. (Coordinadora Responsable), CONICYT. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, *Conceptos Básicos de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Santiago, Chile, Departamento de Estudios y Planificación Estratégica, Gobierno de Chile, 2008, pp. 45. [PDF]. [Fecha de consulta: 21/07/2015] http://www.conicyt.cl/wp-content/uploads/2012/09Conceptos-B%C3%A1sicos-de-Ciencia-Tecnolog%C3%ADa-e-Innovaci%C3%B3n-2008.pdf. Fuente: Real Academia Española, *Diccionario de la Lengua Española*, Madrid, España, Espasa Calpe, 21aed., 1992.

[153] Extracción: Paula González F. (Coordinadora Responsable), CONICYT. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica *Conceptos Básicos de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Santiago, Chile, Departamento de Estudios y Planificación Estratégica, Gobierno de Chile, 2008, pp. 29. [PDF]. [Fecha de consulta: 21/07/2015] http://www.conicyt.cl/wp-content/uploads/2012/09Conceptos-B%C3%A1sicos-de-Ciencia-Tecnolog%C3%ADa-e-Innovaci%C3%B3n-2008.pdf. Fuente: Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. *Hacia una estrategia nacional de innovación para la competitividad*, Volumen 1. [PDF]. [Fecha consulta: 12/02/2008] <http://www.consejodeinnovacion.cl/cnic/cnic/web/portada.php>

[154] José María Ortiz Villajos, *Tecnología y desarrollo económico en la historia contemporánea. Estudio de las patentes registradas en España entre 1882 y 1935*, España, Oficina Española de Patentes y Marcas, 1999, pp. 38-39.

desarrollo de la ciencia y la tecnología han venido acoplados a ritmos paralelos con la sociedad. La tecnología se produce a raíz de un proceso sistematizado, es decir, las bases de ella son las técnicas simples, estas a su vez se van perfeccionando con mayor efectividad, hasta construir o diseñar un producto científico. Entonces se puede decir que la tecnología es resultado de investigaciones científicas derivadas de la experiencia humana, y que vienen a mejorar las condiciones de vida".[155] Cuando se habla de ciencia, tecnología e innovación se puede sugerir –implícitamente-, que es un proceso multifacético ligado y complementario entre sí, que se establece para sofisticar y optimizar de recursos y tiempo en la producción de algún bien o producto.

Por lo tanto, se infiere una relación recíproca entre evolución científico-tecnológica y la economía, y a su vez, se supone una mejora en la calidad de vida humana. Para evocar –a manera de ejemplo- esta idea que se tiene al respecto, debemos tener en cuenta la relevancia de la invención -según José María Ortiz Villajos- "fue la base de la primera revolución industrial de la historia –la inglesa- y del desarrollo económico que desde entonces se ha producido en Occidente –sin excluir otros países como Japón o Australia-".[156] Bajo la idea de "invención" sugerida por Ortiz, se puede decir al respecto que la invención puede tener de forma implícita: Ciencia, Tecnología e Innovación, o bien sólo una de las dos primeras, ya sea como una combinación o por separado, según sea el caso. Por ende, una invención también es innovación. Se puede expresar que a raíz de este fenómeno (las invenciones fueron más sistemáticas y productivas a partir del siglo XVIII) la economía creció en paralelo y/o de forma complementaria con la ciencia y la tecnología como motores de la innovación.

Para iniciar este apartado primero se hace alusión a la importancia que tuvo el ferrocarril como promotor del desarrollo económico en su papel como vehículo de diversas mercancías (importación y exportación), en relación a la minería del centro; se refiere también a la importancia de la energía eléctrica como artífice de revolución en el aparato motriz minero-metalúrgico. En segundo momento, se entra al análisis y contrastación de las

[155] Manuel Medina y Teresa Kwiatkowska (coordinadores), *Ciencia, tecnología/naturaleza, cultura en el siglo XXI*, España, Anthropos Editorial. Rubí, División de Ciencias Sociales y Humanidades-UNAM, 2000, p. 11; Leonel Corona Treviño, "Técnicas, ciencias y tecnologías", Enrique Semo (coordinador), *La tecnología, siglos XVI al XX*, México, Editorial Océano, UNAM, 2012, p. 73.
[156] José María Ortiz Villajos, 1999, p. 37.

prácticas tradicionales con las modernas, en las fases minera y metalúrgica (exploración, extracción, traslado y beneficio de los metales preciosos).

2.1. Las vías férreas y la electricidad como promotoras del desarrollo minero

El presente apartado trata las incursiones férreas y eléctricas en función del desarrollo minero nacional. Dichos elementos promovieron el despegue económico, y a la vez, coadyuvan en la hipótesis de la "fractura estructural". Para ello primero abordare el desarrollo del ferrocarril y, luego, atender la incursión y adaptación eléctrica.

2.1.1. Origen y desarrollo del ferrocarril y conexión minera

El Ferrocarril, durante el Porfiriato fue una de las actividades económicas del extranjero con mayor efecto económico. Ya que este novedoso vehículo, como agente de transporte terrestre, se distinguía por su eficacia y economía en la locomoción de mercancías. Introducido a mediados del siglo XIX, benefició ligeramente –en su principio- la economía y al incipiente sector industrial del país. Este agente científico-tecnológico se impulsó crecidamente durante la época porfirista, pues se multiplicó el kilometraje del tendido de vías férreas respecto de los gobiernos anteriores e incluso posteriores. El beneficio para el despegue económico fue elemental, y por supuesto, fue incorporado a la actividad minera. Puede decirse que fue desarrollado en paralelo con el brote de nuevos centros mineros y promovió la reactivación de los tradicionales.[157]

El antecedente del ferrocarril se debe en primer lugar al éxito de la máquina de vapor. Este arcaico dispositivo (la máquina de vapor) fue el primer motor (después de ser jalado por animales) que se acopló a lo que hoy conocemos como el ferrocarril.[158] El

[157] José Alfredo Uribe Salas, *Empresas ferrocarrileras, comunicación interoceánica y ramales ferroviarios en Michoacán 1840-1910*, México, Facultad de Historia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Vueltabajo, 2008, pp. 15-18; Sandra Kuntz Ficker, *Empresa extranjera y mercado interno, El ferrocarril Central Mexicano 1880-1907*, México, El Colegio de México, 1995, pp. 71-73; José Alfredo Uribe Salas, *Historia económica y social de la Compañía y Cooperativa Minera "Las Dos Estrellas", en El Oro y Tlalpujahua, 1898-1959*, México, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC-España), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2010, p. 133.

[158] La historia de esta simple máquina (de vapor) tiene referencias desde el siglo VI a. n. e. con los antiguos griegos (denominados filósofos de la naturaleza). Con planteamientos teóricos muy básicos como los de Anaximenes, Anaxágoras, Empédocles y Herón, que estribaban en efectos del fuego, el aire y el agua, complementados bajo ciertos parámetros. De estos cuatro personajes, el último (Herón de Alejandría) logró exponer la fuerza motriz accionada por vapor, con su denominada "esfera de Eolo"; dicho artefacto logró girar al contraponer dos escapes en hemisferios paralelos, acción que fue propulsada por calor y agua, para que el vapor al interior de la esfera buscará escaparse, por tanto se obtuvo movimiento o fuerza motriz. En:

historial del tren en México se remonta al año de 1837, durante el mandato de Anastasio Bustamante, bajo una concesión emitida a Francisco Arrillaga, un connotado comerciante de Veracruz. La construcción del primer tendido férreo iniciaría en el puerto de Veracruz, sin embargo, debido a conflictos políticos con Francia en los próximos dos años (Guerra de los Pasteles 1838-1839), el proyecto se vio interrumpido. Se intentó de nuevo la realización del proyecto en 1842, pero la impropia situación política y económica para su desarrollo obstaculizó su construcción. La obra se retardó y la inauguración del primer tramo ocurrió hasta 1850; su longitud apenas rebasaba los 13 kilómetros y la conexión se estableció entre el puerto veracruzano y el poblado de El Molino.[159] Esta primera etapa da testimonio de la

---

Thomas Kingston Derry y Trevor Williams, *Historia de la Tecnología. Desde 1750 hasta 1900 (I)*, España, Siglo veintiuno editores, vol. 2, 1991, p. 452; Subsecuentemente los intentos por consolidar la teoría del movimiento o fuerza motriz con base en vapor, fueron retomados siglos más tarde. De tal manera que para el siglo XVII d. n. e., hubo planteamientos teóricos más acabados, ejemplo de ello fue que en "1644 Torricelli enunció que la presión de la atmósfera era igual a la ejercida por una columna de mercurio de unos 760 milímetros de altura aproximadamente: ello corresponde que la presión de la atmósfera sería menor a medida que aumentaba la altitud sobre el nivel del mar, verdad comprobada experimentalmente en 1647". En: Thomas Kingston Derry y Trevor Williams, 1991, p. 453; De aquí en adelante se desarrollaron proyectos de experimentación en torno al poder energético del vapor. Experimentos como el de Von Guericke (en 1654) sobre la presión atmosférica, el de Huygens (en 1680) basado en la explotación de pólvora en un cilindro, o el de Denis Papin (de 1690) que se basaba en el vapor de agua; de este último, Thomas Savery (en 1698), Thomas Newcomen (en 1712) y Smeaton (en 1767) tomaron del modelo de Denis, para fincar propuestas más eficientes para generar fuerza motriz con vapor. Y de estos tres científicos o experimentadores, el que tuvo mayor éxito en cuanto a la eficiencia de su máquina, fue Newcomen que la aplicó –sobre todo- a las bombas para desaguar minas. Después les siguieron James Watt, Richard Trevithick, entre otros, todos ellos en las máquinas de fuego aplicadas de forma fija. En: Thomas Kingston Derry y Trevor Williams, 1991, pp. 454-473; Aquiles Gay, y Sebastián Dovis, *Máquina de vapor*, Buenos Aires, Argentina, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, Instituto Nacional de Educación Tecnológica, serie: Recursos Hidráulicos, 2006, pp. 7-14; Después del éxito de la máquina de vapor a tareas de aplicación fija, el ánimo creativo e innovador del hombre lo llevó a acoplar dicho artefacto al transporte. En la segunda mitad del siglo XVIII, dos móviles (barco y ferrocarril) fueron crisol de experimentación para acoplar la máquina atmosférica al transporte. Uno de los vehículos que recibió dicha innovación, fue el barco, esto modificó el antiguo sistema de navegación con vela, por una propulsión basada en un aparato de vapor. Los pioneros en acoplar dicha máquina a la navegación fueron los franceses en 1775, después de este hecho, se desarrolló la industria con esta premisa en otras partes del mundo. En cuanto a la fuerza motriz accionada por vapor aplicado a un móvil terrestre, fue en 1769, que se utilizó en un carruaje inventado por Nicolas Cugnot en Francia. Seguido de esto, entre otros, Trevithick, viajó en su prototipo de locomoción a ocho kilómetros por hora, en una distancia de 15,5 km, en 1804. En: Thomas Kingston Derry y Trevor Williams, 1991, pp. 473-483.

[159] Francisco Arrillaga, *Proyecto del primer camino de hierro de la República, desde el Puerto de Veracruz a la capital de México*, México, impreso por Ignacio Cumplido, 1837, 112 pp.; Francisco López Cámara, *La estructura económica y social de México en la época de la reforma*, séptima edición México, Siglo XXI Editores, 1890, p. 25; John H. Coatsworth, *El impacto económico de los ferrocarriles en el Porfiriato. Crecimiento contra desarrollo*, (Colección Problemas de México), México, Ediciones Era, 1984, p. 34; Michael P. Costeloe, *La República central en México, 1835-1846. "Hombres de bien" en la época de Santa Anna*, México, Fondo de Cultura Económica, 2000, pp. 161-194; Josefina Zoraida Vázquez, "La economía", *Historia de México*, México, Salvat Mexicana de Ediciones, S.A. de C.V., 1979, t, 9, pp. 1945-1960; Cfr. "Ferrocarriles", en *Enciclopedia de México*, t. 5, 1979, p. 2724; fuente: Juan Manuel Córdova Quintana, *Los Ferrocarriles en la formación del mercado nacional en México. El caso de la región oriente de Michoacán*,

complicada situación política y económica de México, pues de 1837 a 1850 suman 13 años, equivalente a un kilómetro anual, aunque esto no se efectuó así, sirve de referente para medir el lento crecimiento de las vías férreas.

Seguido de ello, a finales de 1853 y septiembre de 1854 se desarrolló poco más de un kilómetro y medio. Para mediados de la década de 1850, el ingeniero Santiago Méndez había avanzado varios kilómetros más, para entonces existían en servicio un par de locomotoras, unos coches (tres para pasajeros) y vagones (ocho para carga). Sin embargo, los inconvenientes para el progreso férreo no cesaron. Otro hecho que mermó el crecimiento del ferrocarril, era la limitada economía de los concesionarios (los Escandón), lo cual obligó al gobierno a motivar la construcción de caminos de hierro por medio de subsidios a partir de 1857. En este contexto podemos identificar los intentos del liberalismo juarista por impulsar la economía, con el claro fin de desarrollar –primero- el ferrocarril, para un efecto positivo. Pero, de 1857 a 1860 se obstaculiza nuevamente el progreso con la guerra de Reforma.[160]

Después de la guerra de Reforma, Antonio y Manuel Escandón, continuaron como los concesionarios, pero a la brevedad, la segunda intervención francesa alteraría los planes nuevamente. A la llegada de Maximiliano la construcción férrea se traspasó a una empresa inglesa. Sin embargo, la relevancia del ferrocarril Veracruz-México hizo ceder nuevamente un convenio a los Escandón por parte del gobierno imperial en 1865. Al ocaso del gobierno francés se había avanzado al menos 139 kilómetros más. Al principio de la República Restaurada hubo complicaciones en liberar y promover el ferrocarril.[161] De forma paulatina se efectuó la inauguración tramo por tramo, hasta conectar la Ciudad de México con Veracruz el 1 de Enero de 1873,[162] el presidente en turno era Sebastián Lerdo de Tejada. Entre 1857 y 1873, los hermanos Escandón fueron los que hicieron posible dicha conexión Golfo-Centro, aunque se emitieron 48 concesiones, sólo se materializaron 470 kilómetros en dicha ruta.[163]

1880-1917, Tesis de Licenciatura, Morelia, Michoacán, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2012, pp. 56-57.

[160] Francisco R. Calderón, "Obras públicas", Daniel Cosío Villegas (Coordinador), *Historia Moderna de México. La República Restaurada II. Vida Económica*, México, Hermes, 1993, pp. 616-618.

[161] Francisco R. Calderón, 1993, pp. 618-623.

[162] Juan Manuel Córdova Quintana, 2012, pp. 56-59.

[163] Juan Manuel Córdova Quintana, 2012, p. 59.

En la década de 1870 la *Union Contract* buscó materializar su proyecto férreo por medio de la emisión de concesiones, sin embargo, al principio hubo escepticismo, sobre todo en el rubro legislativo por cuestiones de "soberanía", según la fracción opositora a la concesión de la compañía referida, por ser esta norteamericana. Al tomar la presidencia, Díaz tenía la convicción de acrecentar la economía y por tanto era vital el desarrollo del sistema ferroviario. Pero debido a las contrariedades en el parlamento, la inversión extranjera se materializó hasta 1880, y de las treinta concesiones aprobadas, sólo cumplieron ocho y de forma incompleta, con un avance de 226.5 kilómetros de vías.[164]

El incremento del tendido férreo fue espectacular respecto de años pasados, pues entre 1880 y 1910 la "tasa promedio de crecimiento anual de la época fue de 10.1%; sin embargo, el mayor ritmo de construcciones se centró en el quinquenio 1880-1885 cuando la red ferroviaria nacional se quintuplicó".[165] Lo cual indica la alta promoción liberal durante el lapso de Manuel González, que sirvió de plataforma económica para los próximos años con Porfirio Díaz. "En 1875, México contaba sólo con 580 kilómetros de ferrovía; para 1900, había aumentado a 14 573 kilómetros, y antes de estallar la revolución de 1910 había llegado a los 24 500."[166] Este desarrollo ferroviario consolidó enérgicamente la economía mexicana. La red ferroviaria se entramaría de la siguiente manera según Inés Herrera Canales:

> Los sistemas ferroviarios de mayor longitud eran los que comunicaban con Estados Unidos: el Ferrocarril Central Mexicano que iba de México a Ciudad Juárez y el Ferrocarril Nacional Mexicano de México a Nuevo Laredo con sus correspondientes ramales. También formaban parte de los principales ferrocarriles del país el Ferrocarril Internacional Mexicano que iba de Ciudad Porfirio Díaz a Durango (conectando al Ferrocarril Central), el de México a Guaymas, Unidos de Yucatán, Nacional de Tehuantepec, etcétera. El resto de las vías ferroviarias tuvo un carácter regional y en ocasiones local: Ferrocarril de Chihuahua al Pacífico, Ferrocarril Panamericano, de Kansas City-México-Oriente; del Río Grande, Sierra Madre y Pacífico; Hidalgo y del Nordeste; Mérida a Peto; Coahuila a Zacatecas; Nacozari; Parral a Durango; Cananea, Río Yaqui y el Pacífico, y otros.[167]

[164] Sandra Kuntz Ficker, *Empresa extranjera y mercado interno. El ferrocarril Central Mexicano 1880-1907*, México, El Colegio de México, 1995, pp. 31-34.
[165] Inés Herrera Canales, "La circulación (comercio y transporte en México entre los años 1880-1910)", Ciro Cardoso (Coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia Económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1980, p. 439.
[166] Willian D. Raat, *El positivismo durante el porfiriato (1876-1910)*, México, SEP, trad. Andres Lira, 1975, p. 108.
[167] Inés Herrera Canales, 1980, p. 441.

El desarrollo del ferrocarril fue elemental durante el Porfiriato, hecho que permitió el fomento económico, por tanto, la minería fue una de las actividades más favorecida con dicho sistema de locomoción.

El sistema de transportación de mercancías juega un papel elemental para el desarrollo económico regional y nacional, así como para la modernización del país. Antes de la introducción del ferrocarril en México, la locomoción de mercancías se basaba –principalmente- en la arriería, esta se integraba por fuerza motriz animal dirigida por uno o más hombres. De esta (de la arriería) dependía la economía mexicana, desde la época colonial hasta gran parte del siglo XIX e incluso para el siglo XX con regiones aisladas a las vías y carreteras. Dicho sistema formó parte de la minería tradicional, por lo tanto, el ferrocarril complementó y apoyó a la modernización de la actividad minera. Es por eso que se busca exponer su participación como elemento científico-tecnológico y de innovación al sistema de transportación, y que vino a incrementar la exportación e importación. "El transporte de carga jugó un papel importante en el desarrollo de la minería. En la colonia y a lo largo del siglo XIX, el sistema de arriería fue la forma generalizada para el acarreo del mineral, las mercancías y de artefactos mecánicos a su destino. A principios del presente siglo, el uso del ferrocarril modificó los conceptos de tiempo y distancia: se abarataron los costos de la transportación y las distancias se redujeron sustancialmente".[168]

La arriería era un oficio de alta exigencia física y de pericia, pues su actividad era arriesgada, compleja por la cantidad de burros, mulas o caballos de que disponía una recua[169] además, la sinuosa topografía mexicana y la carente traza de caminos y/o veredas, todo esto lo hacía costoso y lento, por lo tanto era una locomoción tradicional.[170] En la tradición arriera encontramos personajes ilustres como el caso de José María Morelos y Pavón, Valerio Trujano, entre otros; lo cual da testimonio de la relevancia y proliferación

[168] José Alfredo Uribe Salas, *Historia de la minería en Michoacán*, Morelia, Michoacán, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Sociedad Mexicana de Mineralogía A.C., Museo Tecnológico del siglo XIX "Mina dos estrellas" A.C. Vol. I, colección: Historias y procesos, 2002, p. 170; Pedro Cortés García, *Entre recuas y rieles. El sistema de arriería: un transporte tradicional ante la modernidad porfiriana, el caso de Michoacán (1875-1910),* Tesis de Licenciatura, Morelia, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2004, pp. 127-129.

[169] La recua o muladar, eran las bestias de carga (su cantidad variaba según el volumen de carga) que eran dirigidas por uno o más hombres. Este era el sistema de carga, también había carruajes o carretas. Para mayor información al respecto, véase tesis de licenciatura antes citada de: Pedro Cortés García, 2004, pp. 6-7.

[170] Pedro Cortés García, 2004, pp. 5-6.

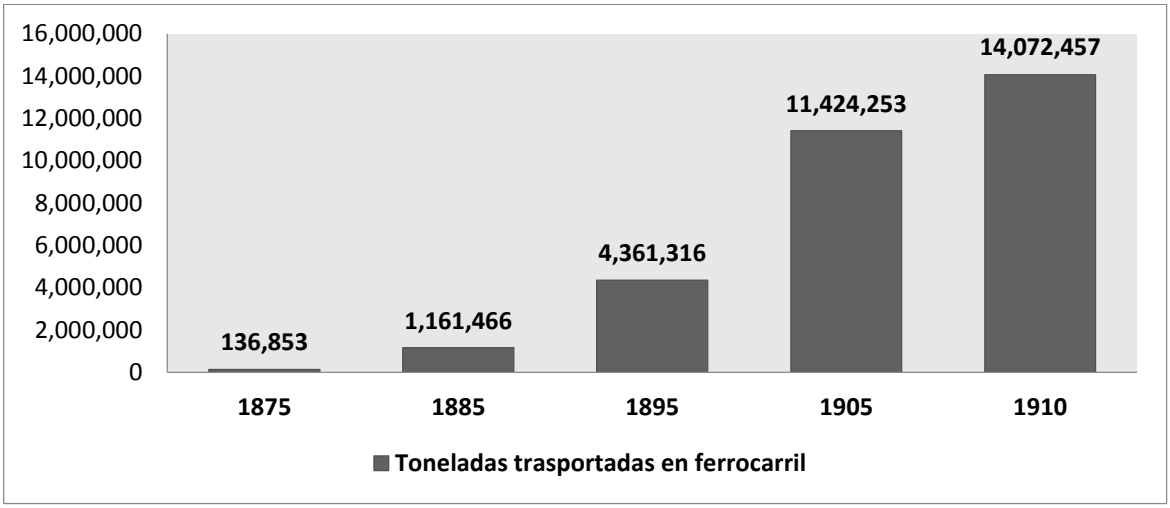
social de tal oficio.[171] "Por lo regular los que requerían servicios de arrieriles eran los productores agrícolas, comuneros, hacendados, comerciantes, viajeros particulares y hasta el estado mismo para asegurar el abasto de ciudades, el transporte de metales y cargamentos de productos controlados".[172]

Ligado a estos rubros, las mercancías que trasladaban, entre otras, eran: "azúcar, aguardiente, almidón, arroz, ajos, anisado, alpiste, cacao, chile ancho y pinto, cilantro, cerveza del país, cebada, cal, frijol, garbanzo, harina poblana, harina 'reposo', harina norteamericana, sal, oro, plata, tabaco, cacahuate, aceituna, higo pasado, piñón, vinos, ropa, etcétera".[173] Mientras que en el ferrocarril, a partir de la década de 1890, "las compañías agruparon los productos forestales, agrícolas, animales, minerales y miscelánea".[174] El hecho de que el sistema ferroviario hubiera crecido enormemente durante el Porfiriato, no significó el desplazamiento total de la arriería. Pero, sí fue una innovación radical en el sistema de locomoción de mercancías, por lo tanto, la integración de este (el ferrocarril) a la minería, representó un fuerte aliciente de crecimiento y modernización en su esquema de producción y exportación e importación.

La conexión de líneas férreas estrechó la distancia al interior del país, lo cual permitió el flujo comercial y económico, pues las principales fuentes productivas fueron adheridas a los rieles del progreso. Entre dichas actividades, estaba una de las de mayor relevancia, la minería. ¿Y en concreto, cómo relaciono el desarrollo férreo a la minería del centro? En primer lugar, la región central (para este caso) la constituyo por las entidades de: Guanajuato, Hidalgo y Edo. de México-Michoacán, y en particular por algunos de sus principales centros mineros de dichas entidades (Guanajuato, Pachuca-Real del Monte y El Oro-Tlalpujahua, respectivamente), mismos que fueron adheridos a las vías del ferrocarril de forma paulatina, pero que sin duda sufrieron un gran cambio.

[171] Francisco R. Calderón, 1993, pp. 596-597.
[172] Pedro Cortés García, 2004, p. 8.
[173] Francisco R. Calderón, 1993, pp. 598-599.
[174] Pedro Cortés García, 2004, p. 121.

Gráfica 8: *Toneladas de mercancía transportada por ferrocarril (1875-1910).*



Extracción de: John Coatsworth, *El impacto económico de los ferrocarriles en el Porfiriato*, México, Ediciones Era, 1984, Colección: problemas de México, p. 19.

El gráfico antes referido, da evidencia del crecimiento de las líneas férreas y a su vez, por consecuencia como red que cubre un mayor radio del territorio nacional, va en aumento el volumen de carga trasladada. A su vez, la mercancía transportada en el ferrocarril dio paso a una categorización o bien, un control (digamos sistematizado) diferenciado de los productos transportados. Lo cual nos permite ver la demanda, o, simplemente las cantidades movidas al interior del país y los que se exportaron gracias a la locomoción proporcionada por el tren, como a continuación se muestra en la tabla:

Tabla 8: *Composición de la carga, Ferrocarril Central, 1885 y 1907-1908.*

	1885		1907-1908	
Sector	Toneladas	%	Toneladas	%
A. Interno				
1. Productos forestales	18 352	10.1	333 066	8.4
2. Agricultura (menos café y henequén)	79 078	43.7	791 979	20.0
3. Ganado	20 712	11.5	123 577	3.1
4. Artículos generales y productos manufacturados	33 168	18.4	409 163	10.3
B. Exportación				
1. Minerales	28 117	15.6	2 281 358	57.6
2. Café y henequén	1 303	0.7	21 403	0.6
Totales	180 729	100.0	3 960 536	100.0

Fuente: Sandra Kunz Ficker, *Empresa extranjera y mercado interno. El ferrocarril Central Mexicano 1880-1907*, México, El Colegio de México, 1995, p. 316.

La incursión del sistema férreo al país, se acopló en gran parte a la actividad minera, pues se dice que la "explotación minera casi se limitaba al oro y a la plata; el precio de los metales pobres no resistía los altos costos de transporte; las piedras minerales rebeldes al beneficio no podían exportar y quedaban abandonadas por idéntica razón".[175] Esto es evidencia del carente desarrollo minero de mediados del siglo XIX, por motivos de que el trasporte (la arriería) era poco eficiente y costoso. Esta limitante en la locomoción de diversos minerales, cambio con el sistema de ferrocarril. Efecto de ello, el caso del Ferrocarril Central, que se distinguió por una logística más rentable.[176]

La conexión de la región centro a las vías férreas se efectuó con mayor consistencia a partir de la década de 1880. En el caso de Guanajuato, la modernidad del transporte inició en la década de 1880 (en el año de 1882) fue el momento de conexión férrea como parte del Ferrocarril Central. Y en paralelo, llegó el telégrafo y el teléfono, lo que complemento el sistema de comunicaciones, de esta forma, digamos que había, un par de opciones más para entablar relación a latitudes que antes era más tardado comunicar. Así la conexión de uno de los pilares de producción minera mexicana, Guanajuato (capital), fue beneficiado al incorporar las novedades tecnológicas de la época, aunque debo decir que el más contundente fue el ferrocarril.[177] Pues este último representó un aliciente preponderante para la circulación de los metales explotados y procesados en los principales puntos de producción minera del país. "Las principales vías que cruzaban el estado [de Guanajuato] se instalaron en la década de 1880. El propósito fundamental era conectar las minas con las fundiciones y dar salida al mineral hacia Estados Unidos".[178] En Hidalgo, el ferrocarril tiene sus antecedentes en las décadas de 1860 y 1870, de forma más sólida: en "1873 el gobernador del recién creado estado de Hidalgo, Justino Fernández, recibió la autorización para la construcción de una vía férrea entre Pachuca y un punto de la línea de Veracruz, se

[175] Francisco R. Calderón, 1993, p. 609.
[176] Sandra Kuntz Ficker, 1995, p. 306.
[177] La conexión del Ferrocarril Central en Guanajuato no fue del todo eficiente en un principio, pues el caso de la familia Rul en dicho momento no era el óptimo en materia de producción mineral. Para mayor referencia al respecto, véase el estudio de: Oriel Gómez Mendoza, *De empresa familiar a trasnacional minera. Guanajuato. Principios del Siglo XX*, México, Facultad de Historia, Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2007, p. 70; Mónica Blanco, Alma Parra y Ethelia Ruiz Medrano, *Guanajuato. Historia breve*, México, El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica, 2010, p. 135.
[178] Mónica Blanco, Alma Parra y Ethelia Ruiz Medrano, 2010, p. 135.

concedió una subvención de $ 5 000 por km",[179] esto no significó la materialización del proyecto, debido a diversas contrariedades se retardó. Al igual que en las otras entidades referidas de la mesa centro, en Hidalgo el proyecto se efectuó más libremente en la década de 1880. El sector minero sería también de los que obtendría mayor beneficio con dicho transporte, en este caso la *Compañía de Real del Monte y Pachuca* sería la gran usuaria de los caminos férreos. La concesión se le expidió a Gabriel Mancera, para 1880 ya se efectuaban algunos servicios con dicho transporte, que se innovó al contar con una tracción animal, pasaron a acoplar las máquinas de vapor. Aunque en dicho momento la extensión de caminos de hierro fue carente, poco a poco creció y con ello el progreso económico de la región y su industria minera.[180]

Mientras que en Michoacán, también la década de 1880 fue la de arribo del sistema férreo. Pues "desde mediados de 1882 la *Compañía Constructora Nacional Mexicana*, aceleró las actividades de tendido del tramo entre Toluca y Maravatío, ahora aparentemente sin contratiempos de relevancia, por lo que antes de concluir el año de 1883 el tren hacía arribo y operaba con regularidad en territorio de Michoacán"[181] y más en específico, en materia de minería, la "región minera, o triángulo de metales preciosos integrado por El Oro, Tlalpujahua y Angangueo, quedó integrada a la red nacional de ferrocarriles entre 1882 y 1897",[182] de esta forma la producción y exportación mineral de la región se disparó de forma considerable, gracias a la economía de tiempo y costo de locomoción, así mismo incentivó la introducción de las novedades tecnológicas del momento. El Porfiriato no fue ajeno en cuestiones de comunicación más sofisticada para la época, el telégrafo y teléfono se adhieren a la gama de elementos científico-tecnológicos que dieron matices de modernidad:

> Porfirio Díaz gobernó al país, literalmente, con telegramas. Entre 1877 y 1900, el cableado telegráfico creció 7 136 a 23 154 kilómetros. El telégrafo era el instrumento que comunicaba a los mexicanos. En tiempos de don Porfirio también llegó a México un novísimo invento: el teléfono. La primera línea corría del Castillo de Chapultepec al Palacio Nacional. Su éxito favoreció el establecimiento de la compañía Ericsson. Hacia finales de siglo había ya en el país más de 5 000 aparatos. En el directorio telefónico de la ciudad de México, que constaba de ocho

[179] Javier Ortega Morel, *Minería y Ferrocarriles, El caso de Pachuca Real del Monte 1870-1906*, Tesis de Maestría en Historia, México, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de México, 2002, p. 106.
[180] Javier Ortega Morel, 2002, pp. 106-109.
[181] Juan Manuel Córdova Quintana, 2012, p. 78.
[182] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 137.

> hojas, el número más famoso era el 64. Su suscriptor: Porfirio Díaz. En 1891 se creó la Secretaría de Comunicaciones bajo cuya jurisdicción quedaron el telégrafo y el correo. México había ingresado desde 1878 a la Unión Postal Universal. En 1884 el país estrenó, por fin, un moderno código postal.[183]

Empero, "El ferrocarril fue emblema del progreso".[184] Este transporte significó para la minería mexicana, que "cientos de pequeños reales y fundos diseminados a lo largo del país, vírgenes o poco trabajados con anterioridad, fueron incorporados por igual a la explotación de sus recursos, una vez que el ferrocarril eliminó las distancias y abarató los precios del transporte",[185] dicho efecto, también motivó la fractura estructural de la minería tradicional, y se añadió a la múltiple lista de factores que inclinaron la balanza hacia la configuración de una minería moderna en tiempos del Porfiriato. También la revisión del impacto generado por el ferrocarril en dicho periodo, sirve como elemento complementario cuando se requiere dimensionar su influencia en la actividad minera, pues el mineral pudo moverse de forma más económica, lo cual coadyuvó con un nuevo auge minero, por así decirlo, y también le dio una nueva faceta a la minería, ya que con dicho transporte a favor se fortaleció el modelo de la minería moderna en México. A continuación se muestra una tabla que respalda lo dicho:

Tabla 9: *Toneladas de producción mineral transportadas en el Ferrocarril Central (1884-1907).*

Producto	1884	1893	1901	1907
Carbón mineral y coque	1,194	61,550	247,431	502,115
Petróleo y derivados	0	5,811	15,848	37,998
Sal	10,841	34,860	44,665	40,252
Materiales de construcción	10,367	67,039	192,756	447,833
Piedras minerales	1,136	210,175	587,959	1,016,883
Metal en barras y lingotes	92	17,337	48,623	102,301
Otros productos minerales	4,487	8,181	4,609	21,690
Suma carga mineral	28,117	404,952	1,141,890	2,169,071
Carga total FCM	180,732	860,187	2,171,309	3,872,644

Fuente: Sandra Kuntz Ficker, 1995, p. 306.

[183] Enrique Krauze, Fausto Zerón Medina, *El Poder. Porfirio*, México, Clío, 1993, p. 51.
[184] Enrique Krauze, Fausto Zerón Medina, 1993, p. 52.
[185] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p.136.

2.1.2. Electricidad, innovación de la fuerza motriz en la producción minero-metalúrgica

Los antecedentes de la electricidad se remontan a la época de la antigua Grecia. Tiempo después se suscitaron múltiples experimentos que culminaron en lo que hasta hoy conocemos y aplicamos en la energía eléctrica.[186] A continuación se anexa una lista cronológica del desarrollo experimental en el campo de la energía eléctrica, se buscó extraer los experimentos o resultados más relevantes con el fin de observar la evolución de la ciencia, la tecnología y, a su vez la innovación del tratamiento de dicha energía:

Tabla 10: *Cronología histórica del desarrollo experimental de la electricidad (Edad Antigua a Siglo XIX).*

Años o época	Experimentador y/o científico	Experimento o resultado
Época Antigua	Griegos	*Elektron*: atracción de objetos ligeros por medio de la fricción entre dos materiales, como el ámbar.
1660 d. C.	Otto von Guericke (alemán)	*Máquina de fricción o generador electroestático*, generadora de flujo continuo de electricidad.
--	Francis Hauksbee (inglés)	Demostración de objetos con carga pueden ser atraídos o separados de forma mutua, se le atribuye a este científico la perfección del artefacto de von Guericke.
1729	Stephen Gray (inglés)	Distingue que materiales y/o metales, son conductores y no conductores de electricidad.
Década de 1730	Charles Du Fay (francés)	Descubre que la electricidad de inducción por fricción, puede resultar en dos clases: positiva y negativa.
1754	John Canton (inglés)	Diseñó un artefacto para medir la electricidad: consistía en bolas que pendían de hilos.
Segunda mitad del siglo XVIII	Alessandro Volta (italiano)	Normalizó el instrumento creado por John Canton, y sirvió para experimentación en laboratorios.
1787	A. Bennet (inglés)	Rediseño el instrumento anterior, innovó el aparato lo que dio como resultado al electroscopio (elaborado con lámina de oro).
Mediados del siglo XVIII	Pieter van Musschenbroek (holandés)	Inventó la *botella de Leiden*, esta servía para acumular electricidad, para luego ser implementada o descargada
Segunda mitad del siglo XVIII	Benjamín Franklin (norteamericano)	Voló cometas durante tormentas, donde descubrió que los relámpagos eran como descargas eléctricas
Segunda	Luigi Galvini	Su hipótesis era que según las ranas (en sus ancas) se basaban

[186] Véase obra de: T. K. Derry y Trevor Williams, *Historia de la Tecnología, desde 1750 hasta 1900 (II)*, México, Siglo XXI, 1991, pp. 892-913.

mitad del siglo XVIII	(italiano)	en una especia de energía eléctrica animal que hacía posible sus saltos. Claramente era una suposición errónea, pero motivo a otros con sus investigaciones, por ejemplo a Volta.
Finales del siglo XVIII-1800	Alessandro Volta (italiano)	Con sus experimentos demostró que la electricidad se producía mientras dos metales de distinta conformación mineral estaban inmersos en una solución y hacían contacto entre sí. El resultado de este experimentador fue la conocida *pila voltaica* (este invento se considera de alto impacto).
1802	Humphry Davy (inglés)	*Lámpara de arco*: observo que una chispa continua haciéndole pasar entre dos carbonos produce una luz incandescente. Elementos que originaron dicho artefacto. También se descubrió que el conductor de la corriente eléctrica aumenta la temperatura mientras la conduce; esto fue el principio que posteriormente se aplicaría en las *lámparas de incandescencia*.
Principios del siglo XIX	H. C. Oersted (danés)	Hizo la descripción del *campo magnético* que envuelve a un conductor de electricidad mientras tiene corriente eléctrica.
Principios del siglo XIX	A. M. Ampére (francés)	Aportó una *base cuantitativa* sobre la anterior observación, en la que se finca una relación entre la corriente eléctrica y la fuerza del campo magnético.
1825	William Sturgeon (inglés)	Fundador de la revista inglesa de electricidad denominada: *Annals of Electricity*, era un avanzado hombre de ciencia al experimentar con electroimanes motivados por baterías.
1831	Michael Faraday (británico)	Con base en la interacción de la corriente eléctrica y el magnetismo, logró aplicarlos en forma pragmática. Obtuvo como resulta movimiento mecánico (se le puede considerar como el primer motor eléctrico). A partir de esta aportación el desarrollo de la industria eléctrica fue más sistemático y estructurado.
1836	J. Frederic Daniell (inglés)	Diseñó una pila capaz de proporcionar energía continúa para un telégrafo eléctrico. Se basaba en dos electrodos: uno de cobre que era sumergido en una solución de sulfato de cobre; y el otro electrodo era de cinc y se introducía en solución de ácido sulfúrico. Los electrodos estaban separados (en 1862 esta pila se convertiría en la *Minotto*).
1853	J. C. Fuller (inglés)	Mejoró la pila de Daniell. Este dispositivo tenía mayor duración, su innovación consistía en el remplazo de sulfato de cinc por ácido sulfúrico y más tarde (en 1870) se remplazaría por ácido cromático. Esta pila fue ideal para telégrafos.
1855	SØren Hjorth (danes)	Inventó una máquina (aunque logró la patente no pudo aprovecharla como en otros casos), esta consistía en la activación de electroimanes gracias a la energía generada por la mecánica de dicho dispositivo (aunque la máquina debía activarse con imanes permanentes).
1866	Georges Leclanché (francés)	Mejoró la *pila voltaica*, su innovación se basaba en dos varillas (dos electrodos) una de carbono y una de cinc. Estas se sumergían en cloruro amónico. Este artefacto ofrecía mayor resistencia en usos intermitentes, en el caso de un uso continuo aun era deficiente por cuestiones de voltaje.

1866-1867	C. F. Varley (inglés)	Se le atribuye el descubrimiento del *principio de la autoexcitación*. Esto consiste en que un electroimán posee la suficiente potencia para producir un campo magnético apto para activar un generador eléctrico. El artefacto presentado por Varley se conoció como *generador autoexcitado*.
Década de 1860	R. L. G. Planté (francés)	*Pila Planté*: esta pila fue diseña por Planté en la década d 1860. Pero fue hasta 1880 (aproximadamente) cuando se comenzaron a usar. Estos dispositivos (baterías) podían ser cargadas con otros mecanismo de producción eléctrica.
1856	Werner von Siemens (alemán)	Presentó un circuito (inducido) que fue muy cotizado para ciertas tareas, sin embargo, este sistema presentaba algunas deficiencias como alta temperatura, esto se traduce en perdida de energía, ya que se requería un enfriamiento para el mecanismo.
1860-1864	Antonio Pacinotti (italiano)	Este italiano diseño un mejor sistema (inducido) que se basaba en un anillo, pero no tuvo mucho éxito al darse a conocer.
1870	Z. T. Gramme (belga)	Este circuito de anillo (*inducido de anillo Gramme*) era más eficiente que el anterior. Se ponía en movimiento con la ayuda de una máquina de vapor, su éxito fue notable al ser utilizado en diversas tareas al poco tiempo. Pues no sufría de calentamiento y podía trabajar por lapsos mayores. Este modelo de Gramme, fue mejorado por Emil Bürgin, R. E. B. Crompton, Jonas Weström, y para 1876 la Compañía Siemens & Halske diseñó un nuevo inducido, donde se desplazaba al circuito con anillo por uno de tambor y Ferranti años más tarde diseño un inducido con un cable (o hilo) de cobre en la década de 1880.
Segunda mitad del siglo XIX	Werner von Siemens (alemán)	Utilizó por primera vez la palabra "dinamo" en el campo de la experimentación eléctrica; y a su vez expusieron (los hermanos Siemens) que dicho principio –de la autoexcitación- activaba los generadores eléctricos ante las instituciones científicas más prestigiadas. Al respecto de la activación por autoexcitación figuran otros hombres de ciencia como: en 1866 ya había comunicado sus experimentos Henry Wilde; mientras Moses Farmer (norteamericano) le hizo saber a Wilde sobre su coincidencia en dicho experimento; también se dice que desde 1861 Anyos Jedlik (húngaro) había experimentado con dicho principio con una máquina; sin embargo, sólo se puede decir con mayor seguridad sobre este experimento a partir de 1866.
Década de 1880	Diversos experimentos	La *corriente alterna* fue tomando relevancia en el campo experimental y práctico en dicha época, pues presentaba ciertas ventajas sobre la *corriente continua*. A partir de este momento la energía eléctrica comenzó a gozar de una diversificación y aplicación a tareas de producción, por lo tanto comenzó distribuirse dicho avance científico y tecnológico a nivel mundial de forma paulatina. En efecto, con muchas innovaciones que al paso del tiempo se fueron adhiriendo a esta industria energética hasta conformarse como

		hoy la conocemos.

Elaboración propia. Fuente: T. K. Derry y Trevor Williams, 1991, pp. 892-913.

Como se vio en la cronología anterior la electricidad tiene una larga historia, pero sobre todo puede percibirse la interacción que hubo entre los científicos u hombres de la filosofía natural en busca de perfeccionar su dominio y aplicación. Esto desarrolló una gran industria gracias a sus experimentos. El éxito del tratamiento de dicha energía benefició un sinfín de tareas que demandaban innovación, la más evidente, "fuerza motriz". Esto para accionar o producir con mayor economía, o la más simple, que era "iluminar". Si bien en esta lista no se hace mención de la *Royal Society*, es necesario hacer la referencia, que la mayoría de los hombres citados en la tabla, formaron parte o tuvieron interacción con alguno de sus integrantes (de la *Royal Society*).[187] Su tarea versa en hacer investigación, experimentación y comprobación sobre diversos campos con el propósito de producir avances en beneficio del hombre, dichos resultados son presentados en sus círculos para discutir y nutrir sus teorías, hipótesis o resultados en cuestión. Tal sociedad (integrada por científicos de distintas nacionalidades) estimuló en gran medida el desarrollo de la historia de la ciencia y la tecnología a nivel mundial, es por eso que considero importante referir dicho grupo. Además de que ha marcado la Historia desde el siglo XVII, hasta la actualidad.

Pero hay, allí, un tanto aislado de la historia oficial, un hombre ilustre, un científico que hasta el momento tiene un reconocimiento medianamente divulgado, claro, sin embargo, su aportación es meritoria, me refiero al físico Nikola Tesla.[188] Sin tocar el debate que existe sobre las supuestas desavenencias que hubo entre Thomas Edison y Tesla, sólo quiero exponer brevemente algunas de las aportaciones que hizo Nikola (de hecho es el precursor de las energías sustentables y los sistemas inalámbricos) en el campo científico y tecnológico para el desarrollo de la electricidad, y que terminaron adhiriéndose en la

[187] Debido a que esta Sociedad albergaba los más adelantados modelos teóricos en diversas disciplinas. Gracias a esta asociación es que podemos concebir la ciencia como tal, ya que en dicha organización se promovió desde su inicio la búsqueda de conocimiento sistemático y, por lo tanto lógico, lo cual, desarrolló avances notables en materia científica, tecnológica e innovación. *The Royal Society*, se originó en Londres, Inglaterra en la década 1640 (su fundación formal fue en 1660) con un grupo de 12 de hombres que se distinguían por ser "filósofos naturales", y con el tiempo y sus investigaciones se distinguieron como científicos. En: The Royal Society (sitios *web*). [En línea] https://royalsociety.org/ y https://royalsociety.org/about-us/history/ [Fecha de consulta: 31 de Julio de 2015].

[188] Nikola Tesla nace en el año de 1856, en Smiljan, actualmente territorio de Croacia, y fallece en 1943; estudió Física, Matemáticas y Mecánica en Graz, Austria; en 1884 Tesla arribó a Estados Unidos para colaborar con Tomas Alba Edison en proyectos para el desarrollo de motores de corriente alterna: *Encuentro con un Genio Desconocido Nikola Tesla (1856-1943)*, [En línea] http://www.bibliotecapleyades.net/tesla/esp_tesla_28.htm [Fecha de consulta: 28 de agosto de 2015].

industria global al paso del tiempo. "Sus contribuciones [de Tesla] al desarrollo de la corriente alterna, conformaron la base de los actuales sistemas eléctricos de potencia y de distribución de potencia polifásicos, los cuales fueron una parte esencial de la 'Segunda Revolución Industrial', a la que contribuyeron, también, contemporáneos suyos como George Westinghouse, Frederick Taylor, Henry Ford, Gottlieb Daimler, o el mismo Thomas Edison".[189] Es evidente que Tesla era un gran inventor, innovador y poseía un conocimiento que hasta hoy, aún hay mucho por investigar y divulgar. Por ejemplo, entre otras activas colaboraciones y aportaciones encontré una nota de un pequeño artículo que dice: "fueron Tesla y Westinghouse los ganadores de esta batalla [aludiendo con ello a una reñida competencia sobre las corrientes eléctricas entre estos últimos contra Edison y Morgan], consiguiendo en 1893 el encargo de iluminar la Feria Colombina de Chicago. Su brillante alumbrado cautivó al mundo y les proporcionó el contrato para la construcción de la central eléctrica de Niágara, la mayor obra de ingeniería del momento. En el discurso de inauguración, Tesla, en lugar de hablar sobre la central, habló sobre lo que constituía su nueva línea de investigación: la transmisión inalámbrica de señales y energía".[190]

Con esta última cita, se puede vislumbrar la cualidad creativa-inventiva y adelantada para su época, es por tal razón que llamó la atención hacer referencia de este notable científico, pues posiblemente Tesla pudo haber generado una revolución en términos de ciencia, tecnología e innovación a nivel global. Quizás desde el campo de las ciencias exactas se ha investigado mucho más a este personaje, mientras que desde la "Historia" de la Ciencia y la Tecnología, hace faltan estudios que distingan y reconozcan la importancia de este notable hombre de ciencia. Simplemente por el hecho de que la historiografía de la Ciencia y la Tecnología carece de estudios con distinción (bien delimitada) sobre las aportaciones de Tesla. Se debe esclarecer, o, divulgar más, las aportaciones de Tesla. Y en un segundo intento, dimensionar el impacto de sus invenciones

[189] Javier Uceda Antolín (Rector de la Universidad Politécnica de Madrid), "Presentación", en: *Nikola Tesla. "El hombre que iluminó el mundo"*, [En línea] http://www.teslasociety.ch/info/doc/Tesla2008_spanisch.pdf [Fecha de consulta: 27 de agosto de 2015].

[190] Telefónica Fundación/España (Espacio Fundación Telefónica Madrid-www.fundaciontelefonica.com), "Nikola Tesla. Suyo es el futuro", Cuadernos para profesores, p. 6. [En línea] http://espacio.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/descargas/1420478461-nikola_tesla_suyo_es_el_futuro_cuadernoprofesores.pdf [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2015]; también consúltese sobre la construcción de la hidroeléctrica del Niágara la fuente alterna y complementaria el blog: [En línea] http://tectonicablog.com/?p=51179 [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2015].

en el campo eléctrico y su influencia en el desarrollo de la industria, y finalmente el beneficio real que generó Tesla en la vida cotidiana actual del hombre.

El desarrollo de la experimentación eléctrica, a diferencia de otros campos o descubrimientos, no ha surgido de manera espontánea, al contrario ha crecido con dedicación hasta conformarse una industria eléctrica en forma (como se mostró en el cronograma anterior). Desde la Antigüedad se ha trabajado bajo parámetros eficientes, es por eso que dicha industria goza de una diversidad de experimentos y experimentadores, pues gracias a esto es que se benefició de forma directa el rubro eléctrico.[191]

La distribución eléctrica requirió de ciencia, tecnología e innovación para mejorar su economía en la producción y traslación. Había que lidiar con los materiales para su conducción (cables especiales, materiales de aislación, postes o puntos de apoyo para el tendido, etcétera), entre los metales más aptos para la conductibilidad eléctrica estaban la plata, el cobre y el hierro. Pero el primero resultaba evidentemente caro para requerirlo, por lo tanto los más viable fueron los otros metales de tipo industrial; de esta forma en el último cuarto del siglo XIX aumentó la demanda de metales de implementación industrial.[192]

A rasgos generales, esto es lo que se puede destacar de la historia de la electricidad, antes de enfocarse en la relación electricidad-minería mexicana. Y bien, ¿cuál es el antecedente de la introducción de la electricidad a México? En información proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la incursión eléctrica a México refiere que la "primera planta generadora que se instaló en el país (1879) estuvo en León, Guanajuato, y era utilizada por la fábrica textil 'La Americana'. Casi inmediatamente se extendió esta forma de generar electricidad dentro de la producción minera y, marginalmente, para la iluminación residencial y pública".[193] Datos que convergen con los provistos por Leonel Corona.[194] El segundo sector industrial en implementar la energía eléctrica fue la minería.

---

[191] T. K. Derry y Trevor Williams, *Historia de la Tecnología, desde 1750 hasta 1900 (II)*, México, Siglo XXI, 1991, pp. 893; Ya en la década de 1830 se producían generadores electromagnéticos, mismos que se encontraban en el mercado. Para la década de 1880 ya se disponía de baterías que podían utilizarse en diversas tareas. Durante la segunda mitad del siglo XIX –sobre todo a partir de 1880- se comenzaron a diseñar y construir plantas hidroeléctricas (de forma más estructurada en la década de 1890), como generadores de electricidad como la de Niágara (en Estados Unidos). En: T. K. Derry y Trevor Williams, 1991, pp. 893-909.

[192] T. K. Derry y Trevor Williams, 1991, pp. 909-913.

[193] Comisión Federal de Electricidad. "CFE y la electricidad en México". [En línea]. http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx [Fecha de consulta: 01 de Agosto de 2015].

[194] Leonel Corona, "Locomotoras, altos hornos y turbinas (1850-1934)", Enrique Semo (Coordinador) *La tecnología, siglos XVI al XX*, México, UNAM, Editorial Océano, 2004, p. 113.

Una década más tarde (1889) en la mina de Batopilas, Chihuahua, este mineral fue el primero en electrificarse, con la instalación de una planta hidroeléctrica.[195] El suministro eléctrico "extendió sus redes de distribución hacia mercados urbanos y comerciales donde la población era de mayor capacidad económica".[196]

Una vez que la electricidad era promovida por el sector privado, poco a poco fue incorporándose a la vida cotidiana de los mexicanos por parte del sector público (por el gobierno), "la energía eléctrica fue implementada para uso urbano en el año de 1881. La primera ciudad en utilizar esta fuente de energía para el sistema de alumbrado público fue la ciudad de México, reemplazando al sistema anterior, que se basaba en aceite y gas para iluminar".[197] Ejemplo de ello es que "Porfirio Díaz se [*sic*] otorgó al sector eléctrico el carácter de servicio público, colocándose las primeras 40 lámparas 'de arco' en la Plaza de la Constitución, cien más en la Alameda Central y comenzó la iluminación de la entonces calle de Reforma y de algunas otras vías de la Ciudad de México".[198] De esta forma se comenzó a dar cuerpo a la modernidad del México decimonónico y se dio paso al nuevo siglo. Es por eso relevante destacar este proceso de acoplamiento eléctrico para poder contextualizar el arribo a la zona central minera.

Para la década de 1890 el suministro de energía eléctrica se extendió a más minas ubicadas en la región central de México.[199] La electricidad al implementarse en la industria minera, transformó el modo de producción de forma parcial, es decir, se modernizó el sistema de explotación y procesamiento de minerales. Las innovaciones por dicho agente tecnológico van desde la iluminación, desagüe, extracción y procesamiento de los minerales, lo que redujo los costos e incentivó la capacidad de producción. Esto permitió que los inversionistas obtuvieran mayor rendimiento, de esta forma tanto las empresas y el Estado se beneficiaban con dicho agente científico tanto a la actividad minera como a otras

---

[195] Atlántida Coll Hurtado, y María Teresa Sánchez Salazar, "Minería y Electricidad", Inés Herrera Canales (Coordinadora), *La minería mexicana. De la Colonia al siglo XX*, México, Instituto Luis Mora, 1998, pp. 187-192.

[196] Comisión Federal de Electricidad. "CFE y la electricidad en México". [En línea]. http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx [Fecha de consulta: 01 de Agosto de 2015].

[197] Atlántida Coll Hurtado y María Teresa Salazar, 1988, p. 184.

[198] Comisión Federal de Electricidad. "CFE y la electricidad en México". [En línea]. http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx [Fecha de consulta: 01 de Agosto de 2015].

[199] Atlantida Coll Hurtado y María Teresa Sánchez Salazar, 1998, pp. 184.

industrias.[200] Se sabe que entre "1887 y 1911 se organizaron en México más de cien empresas de luz y fuerza motriz",[201] algunas con capital mexicano, pero en su mayoría destacaron las compañías extranjeras. Estas comenzaron a constituirse en primer momento "en Puebla, Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí, Nuevo León, México, Querétaro, Aguascalientes, Michoacán, Campeche, Jalisco, Chiapas, Zacatecas y Tabasco",[202] como puede verse la mayoría las compañías se emprendieron en la zona centro.

Una vez que la industria eléctrica tenía mayor solides en territorio mexicano, las otras industrias productivas comenzaron a demandar dicha energía, y viceversa, el rubro eléctrico creció gracias al sector privado que requería electricidad para mejorar sus procesos de producción. Al ocaso del siglo XIX los "motores eléctricos se usan en minería para el tratamiento y fundición de minerales, iluminación, bombeo de agua y transportación, y son fuente de energía para mover compresores de aire y maquinaria".[203] Esto significó un elemento más que se adhiere a esta hipótesis sobre la "ruptura estructural" de la minería tradicional, pues con la incorporación de la electricidad al proceso mineral, también promovió el desfase en el esquema de producción. "La electrificación, además, redujo la cantidad de mano de obra ocupada en la industria minera y, en particular, modificó su estructura al requerir personal especializado en el manejo de los nuevos equipos y técnicas".[204] La implementación eléctrica en la región minera del centro fue un aliciente más que se adhirió para fomentar la producción mineral, y coadyuvó en la transformación del proceso de forma radical, esto, visto desde la noción de la hipótesis con relación a la formación de una minería moderna. El asunto de la introducción y adecuación de la energía eléctrica es elemental, por lo tanto, refiero los momentos de incorporación de la electricidad, aplicada a la minería de oro y plata del centro (Real del Monte y Pachuca, El Oro y Tlalpujahua y Guanajuato).

La energía eléctrica llegó a Guanajuato debido a la iniciativa del sector privado "La Guanajuato Mining and Milling Company, que inauguró una estación hidroeléctrica en 1903 con la intención de satisfacer sólo su propio consumo, encontró un fácil mercado en la

[200] Atlántida Coll Hurtado, María Teresa Sánchez Salazar, 1998, pp. 160-161; José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 133-137.
[201] Atlántida Coll Hurtado y María Teresa Sánchez Salazar, 1998, p. 195.
[202] Guadalupe Nava Oteo, "La minería bajo el Porfiriato", Ciro Cardoso (coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1980, p. 355.
[203] Leonel Corona, 2004, p. 122.
[204] Atlántida, Coll Hurtado, y María Teresa Sánchez Salazar, 1998, p. 185.

ciudad de Guanajuato, en los molinos de trituración y en las fundiciones aledañas de otras compañías mineras".[205] Aunque en otros estudios se tiene que desde 1902 se concebía el proyecto para generar e implementar electricidad a Guanajuato –sobre todo al campo minero-, sin embargo, no se concretó.[206] Posteriormente y de forma exitosa fue entre 1903 y 1904 que se logró producir y utilizar electricidad en la minería guanajuatense, con ello se dinamizo e innovó el aparato de separación física y química. Una de las compañías pioneras fue la *Guanajuato Power and Electric Company* (esta beneficiaría en primer instante a la *Casa Rul*) que produjo la energía desde el río Duero de Zamora, Michoacán.[207] Mientras que la introducción de la electricidad como tal en El Oro-Tlalpujahua (Estado de México y Michoacán respectivamente), llego hasta 1905 gracias a la empresa canadiense-inglesa: *Mexican Light and Power Company* que generaba su energía en los ríos Necaxa y Tenango (en Huauchinango, Puebla).[208] Y visto de forma más amplia en otra de las investigaciones de Uribe Salas, estipula que:

> Todo comenzó en 1903, cuando los empresarios de "Las Dos Estrellas" entraron en pláticas con las autoridades del estado de Michoacán para obtener facilidades y apoyo para introducir la energía eléctrica en la región minera. Las necesidades crecieron al año siguiente. A fines de 1904 las gestiones realizadas por la empresa se concretaron para usar la electricidad en las operaciones de extracción, iluminación, ventilación y beneficio de las minas y de sus metales. El 1° de diciembre de ese año se aprobó el contrato entre el Ejecutivo del estado y el representante de la sociedad denominada The Mexican Light & Power Ltd., para establecer en Tlalpujahua una línea de transmisión de la que ya gozaba El Oro, estado de México.[209]

Finalmente, el suministro de energía eléctrica terminó por implementarse hasta 1905 en El Oro-Tlalpujahua, como se mencionó anteriormente. Para el caso del mineral de Real del Monte-Pachuca, la introducción de la electricidad llegó hasta 1910, sin embargo, el servicio se efectuó con mayor regularidad en 1911. Recurso suministrado también por la

[205] Guadalupe Nava Oteo, "La minería bajo el porfiriato", Ciro Cardoso (Coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1992 (10° edición), p. 355.
[206] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 69.
[207] Oriel Gómez Mendoza, *Cianuración Argentífera en Guanajuato. Construyendo Modernidades*, México, El Colegio de Michoacán, Facultad de Historia/UMSNH, 2013, p. 161; Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 69.
[208] José Alfredo Uribe Salas, *Historia de la Minería en Michoacán*, México, Facultad de Historia/UMSNH, 2005, p. 101.
[209] La línea de alta tensión proveniente de Necaxa, alcanzaba los 320 kilómetros de longitud: José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 214.

hidroeléctrica de Necaxa, Puebla, a cargo de *The Mexican Light & Power Ltd*.,[210] misma que surtía a El Oro-Tlalpujahua. Por lo tanto, la energía eléctrica llegó en tempranas fechas del régimen porfirista, pero tardó algunos años para acoplarse de forma eficiente a los fundos mineros en estudio, ubicados en la región central.

¿Qué produjo la implementación eléctrica a la minería? "Con la electricidad, la mecanización se extendió rápidamente, sustituyendo el motor a la fuerza humana y animal. En esta forma una locomotora eléctrica con 14 hombres reemplazó a una máquina de vapor atendida por 45. La electrificación minera disminuyó también el número de trabajadores, y los primeros en desaparecer fueron los gambusinos o buscones, los leñadores, fogoneros, perforadores y ayudantes".[211] La electrificación coadyuvó en la consolidación de la minería moderna. Véanse dos ejemplos, en los cuales, ambos reflejan ventajas económicas en la explotación y extracción mineral. El primer ejemplo es con la *Compañía Minera "Las Dos Estrellas"* que para "1906, los costos por tonelada extraída de los socavones Estrella 1 y Estrella 2, se redujeron de $9,02, en 1905, a $7,07, en 1906. El alumbrado disminuyó 2 centavos; la preparación en galerías y los avances se redujo a $2,47; la ventilación también experimentó un descenso en su costo al pasar de $2,47 (1905) a $0,17, y finalmente los trabajos de conservación pasaron de $0,83 a $0,59".[212] En otro ejemplo, de diferenciación de costos en operación por fuerza motriz accionada por vapor contra la eléctrica, se tiene que: "El impacto sobre los costos de uso de maquinaria fue enorme. En 1906 el costo de potencia en caballos de fuerza obtenidos por máquinas de vapor era de $ 410 anuales mientras que con energía eléctrica impactaron sólo $ 118 en el mismo periodo, o sea significó el 28.8 % del costo de la opción vapor".[213] Con esta disparidad referida nos podemos dar una idea del impacto tecnológico y científico que ocasionó la energía eléctrica en la minería tradicionalista (para entonces desplazada parcialmente) y que a su vez se tradujo como "economía de producción".

[210] Javier Ortega Morel, 2002, p. 88.
[211] Guadalupe Nava Oteo, 1992, p. 354.
[212] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 220.
[213] Javier Ortega Morel, 2002, p. 80.

2.2. Minería: de la práctica tradicional a la moderna

El origen de la minería data del periodo Paleolítico. Periodo prehistórico o también conocido como parte de la Edad de Piedra, que se desarrolló hace 2.5 millones de años hasta el 8 000 a. n. e. Según algunos científicos remiten al continente africano los primeros hallazgos arqueológicos (hace 2.4 millones de años) que evidencian la práctica minera a una escala primigenia.[214] En cuanto a la presencia del hombre en tierra mexicana, según los estudios arqueológicos datan de hace 35 mil años, en este momento la civilización que habitaba este territorio basaba su estructura socio-económica en sociedades recolectoras-cazadoras.[215]

Con la conquista española del territorio mesoamericano, la minería local recibió un cambio radical, cualitativa y cuantitativamente. "La colonización minera fue rápida, en un lapso de 30 años las principales regiones mineras estaban en explotación, las fronteras de la Nueva España se expandieron hacia el norte, al ritmo de los descubrimientos mineros".[216]

---

[214] Otros estudios nos remiten al "40 000 a.C.: Al comienzo de la nueva Edad de Piedra encontramos los primeros rastros de minería bajo tierra en África". Lo que me queda claro es que su origen se finca en la Edad de Piedra. Los nacientes instrumentos fueron fabricados con materiales de primera mano por estos humanos antiguos: piedra, madera y huesos eran sus materiales de elaboración, y su técnica para dar forma era la percusión. Dicha práctica se fue perfeccionando al paso del tiempo y así mismo los materiales se mejoraron en cuanto a calidad y técnica. Por lo tanto, podemos apreciar históricamente que, "En la actualidad, se ha llegado a la conclusión de que la minería nace y progresa a causa de la necesidad de materiales adecuados para el desarrollo de cada Civilización". En este sentido se aprecia la relevancia histórica de dicha actividad y, que a su vez, su evolución se ha venido expresando en paralelo con el desarrollo racional del hombre en el emprendimiento de tareas necesarias para la vida materialista. Consúltense las siguientes fuentes: Joaquín Armengot, José Antonio Espí Rodríguez y Fernando Vázquez Guzmán, "Orígenes y desarrollo de la minería", Industria y Minería. Revista del Ingeniero de Minas, Madrid, España, Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, No. 365, Septiembre de 2006, p. 17. [En línea] http://ingenierosdeminas.org/publica/IM/IM365-origenes_mineria.pdf [Fecha de consulta: 01 de agosto de 2015]; En: Stefan Berger, "Las diez fechas más importantes en la historia de la minería", ISTOR. Revista de Historia Internacional, México, Año XIV, Núm. 56, Primavera 2014, p. 12; Stefan Berger, 2014, pp. 17-18; Stefan Berger, 2014, p. 17.

[215] Para entonces los hombres requerían de utensilios elementales en sus tareas de recolección o caza de alimentos, ya desde entonces se practicaba una minería primaria o muy básica. Misma que ha venido evolucionando con las intervenciones científicas y tecnológicas desprendidas del hombre como expresión de la necesidad del progreso material. La innovación minera también tiene legado en las culturas mesoamericanas y en otras latitudes del continente americano en dicha época. Alfredo López Austin y Leonardo López Luján, *El pasado indígena*, México, El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica, 2001, p. 19. Por ejemplo: "Por los hallazgos arqueológicos y las más antiguas fuentes escritas sabemos que los pueblos mesoamericanos obtuvieron y trabajaron el oro, el cobre, la plata, el estaño y el plomo". Esto habla de la innovación que ha presentado la minería desarrollada en la geografía mexicana. José Alfredo Uribe Salas, *Historia de la Minería en Michoacán*, México, Facultad de Historia de la Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo, Sociedad Mexicana de Mineralogía A. C., Museo Tecnológico del Siglo XIX "Minas Dos Estrellas" A. C., 2005, p. 11.

[216] Enrique Canudas Sandoval, 2005. p. 185.

Y como argumenta Alma Parra, "Los españoles trajeron consigo una revolución en la minería. La introducción de la minería subterránea y la adopción de métodos intensivos para la refinación de minerales transformaron radicalmente y definieron por completo la organización geográfica de los espacios mineros del futuro país, basado en centros mineros que forzaron la adopción de métodos de producción desarrollados en Europa".[217]

Por ejemplo, Modesto Bargalló relata que: "Con la primera fragua y el primer fuelle [elementos técnicos y tecnológicos traídos de Europa] que funcionaron en Nueva España, Hernán Martín, soldado de Cortés, forjó, en 1519, en Villarrica (Ver.), los primeros hierros traídos de España; así como la fragua y el fuelle. Con otras fraguas, también españolas, y hierro español, se forjaron, en Tlaxcala, piezas para los bergantines de Cortés, herraduras, flechas y otras armas".[218] Esto se traduce en que la minería mesoamericana (convertida ya a jurisdicción española), evolucionó de forma radical, empero, aquí, con el arribo de métodos europeos y control peninsular, se fundamenta lo que he llamado "minería tradicional". Ha de recibir grandes aportes a la brevedad, sobre todo en el proceso de metalurgia, con la aportación química de Bartolomé de Medina.

La minería por lo tanto (en un contexto global), se constituye como la base del desarrollo material del hombre y ha evolucionado en paralelo con los momentos (procesos) de expansión histórica. Por ejemplo: "El siglo XVIII fue el crisol revolucionario en que fraguó el mundo contemporáneo. En su iluminado vientre preñado de tensiones, se gestaron los rasgos del mundo actual. La revolución científica y económica precedieron a la política".[219] Con esto, implícitamente viene el desarrollo científico (por ejemplo la Mineralogía); después, "La llegada de la segunda revolución industrial se difunde con el auge de las llamadas industrias pesadas o básicas (minero-metalúrgica) y con industrias integradoras de productos, como la automotriz".[220]

---

[217] Alma Parra, "Elementos locales y extranjeros en la configuración tecnológica de la minería mexicana", *ISTOR. Revista de Historia Internacional*, México, Año XIV, Número 56, Primavera 2014, p. 141.
[218] Modesto Bargalló, *La Química Inorgánica y El Beneficio de los Metales en el México Prehispánico y Colonial*, México, Quincuagésimo aniversario fundación de la Facultad de Química/Universidad Nacional Autónoma de México, 1966, p. 71.
[219] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 29.
[220] Leonel Corona, 2004, p. 121.

2.2.1. Técnicas y tecnologías tradicionales en la extracción mineral

En la etapa precolombina las culturas mesoamericanas practicaban la minería a cielo abierto y proseguían con excavaciones bajo tierra (cuevas, galerías o pozos), lo más usual para apoyar la excavación eran los martillos de piedra con mango de madera, entre otros utensilios básicos (como puntas de hueso, piedra o madera). La extracción se hacía con bateas de barro o en otros casos, con canastos de fibra natural.[221] Ya con la era española, se implementaron técnicas europeas. Para dicha descripción (a modo general para la minería novohispana) es con base en la elaborada por Moisés Gámez:

> *Extracción*. El trabajo minero comenzaba al descubrir la veta le seguía la apertura de galerías y tumbe de mineral utilizando pólvora y barretes, picos y cuñas, prácticamente trabajo manual. El mineral era transportado en grandes recipientes de cuero por los tenateros, y en carretillas cuando la galería lo permitía y por malacates cuando eran trabajos profundos [...][222]

De esta forma la explotación se gestaba durante la época colonial (la cual sufrió muy pocas innovaciones considerables). Si bien hay algunas variantes en las técnicas o en las herramientas, no son tan diferentes a la referida. Lo que se puede decir, es que la descripción de este primer paso del proceso, se convirtió en un esquema tradicional que se desarrolló en la minería de oro y plata de la región centro de México.

En cuanto a las minas con problemas de inundación, estas representaban un enorme reto para los mineros, pues de esto dependía el éxito de su empresa. Para una exposición más precisa del desagüe de minas, cito el texto de Elías Trabulse:

> El método de desagüe con malacate fue también muy socorrido durante toda la época virreinal y buena parte del siglo XIX, aunque su uso estaba casi siempre restringido a las grandes minas que disponían de tiros adecuados. Durante el siglo XVI, en las minas menores, los operarios (tenateros) sacaban el agua en botas de cuero y a cuestas. El empleo de malacates exigía la perforación de tiros verticales precisos. Este aparato consistía básicamente en una polea que giraba impelida por fuerza animal o incluso humana (en otras operaciones este sistema podía emplear fuerza motriz hidráulica), que hacía girar una cadena de sacos de cuero que subían el agua desde el fondo del tiro hasta los vertederos de evacuación. El costo del mantenimiento era alto, tanto por los animales de tracción como por los cueros empleados, y su resistencia era limitada debido a la fricción que sufrían las bolsas contra las paredes del tiro durante el ascenso. Las norias y las cigüeñas partían de

[221] Miguel León Portilla, "Minería en el México antiguo", *Artes de México. Una Visión de la Minería*, México, Número 86, Octubre 2007, pp. 12-17.
[222] Moisés Gámez Rodríguez, *Propiedad y empresa minera en la Mesa centro-norte de México. Guanajuato, San Luís Potosí y Zacatecas, 1880-1910*, Tesis de doctorado, Barcelona, España, Departamento de Economía y de Historia Económica de la Universidad Autónoma de Barcelona, 2004, p. 49.

> principios mecánicos semejantes a los del malacate, y su funcionamiento era parecido. Lo más usual era que los mineros combinaran el método del socavón, que les secaba la veta, con el del malacate, que les permitía hacer descender el nivel diario de las aguas que se filtraban, siempre y cuando el volumen de éstas no fuera muy grande.[223]

Explícitamente, esta descripción expone una de las tareas de relevancia para las empresas mineras, pues en gran parte de esta maniobra dependía el futuro productivo. Con esta segunda referencia se plasma la fase de "extracción mineral", en seguida se exponen las innovaciones científico-tecnológicas que recibió dicha etapa del proceso minero.

Ilustración 2: *De cómo se efectuaba la extracción mineral, "minería tradicional".*

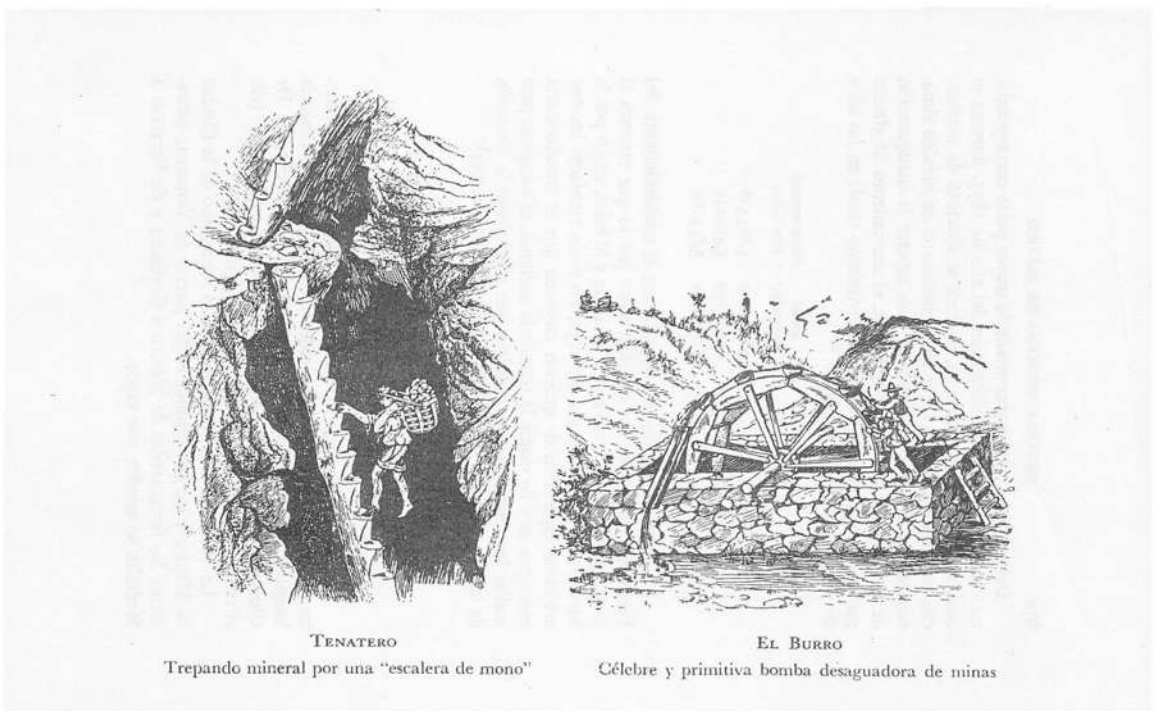


Imagen extraída de: Francisco R. Calderón, "La República Restaurada. Vida Económica", Daniel Cosío Villegas (compilador), *Historia moderna de México*, México, Editorial Hermes, Vol. II, 1993, p. 669.

El sistema de malacates fue un dispositivo tecnológico básico e indispensable para extracción tanto de agua como de minerales. Gracias a su efectividad extractiva, fue asistido con ligereas innovaciones a lo largo de la historia minera mexicana. La mecánica del malacate exigía una perforación vertical, sin embargo, a mayor profundidad del "tiro" (perforación vertical) el malacate perdía eficiencia. "Pero cuando las aguas eran tan

[223] Elías Trabulse, "Desagüe de minas en la Nueva España", *Artes de México. Una Visión de la Minería*, México, Número 86, Octubre 2007, pp. 34-35.

abundantes y la calidad de los metales justificaba seguir avanzando en la explotación, se construían obras de mayor envergadura como los 'los socavones', que en realidad eran el drenaje de las montañas. Se labraba un túnel a lo largo del monte de manera perpendicular, para que el agua corriera de manera natural (por gravedad) hacia el exterior de la mina".[224] Aunque estas últimas obra requerían mayor inversión.

De hecho la historia del "malacate", así como de la "pólvora" en la vida minera novohispana, datan del "segundo tercio del siglo XVIII se introdujo la pólvora para las tareas internas; se comenzaron a utilizar cabrías o malacates para arrastrar el mineral por el socavón, también [se] usaron para el desagüe".[225] Aunque según Nava Oteo, el uso de la pólvora tuvo ciertas mermas, ya que "fue un artículo estancado desde la época colonial, cuya venta quedó reglamentada a mediados del siglo XIX".[226] Si bien la mecánica del malacate ofrecía ciertas ventajas, también había que considerar la fuerza motriz con que era accionada (durante el periodo de la minería tradicional, se accionaba por fuerza de sangre: mulas, caballos o burros). Entre otras críticas al dispositivo surgieron opiniones encontradas, pues resulta que para finales del siglo XVIII ya se pensaba en modificarlo (innovarlo) y/o remplazarlo "parcialmente" por la incursión de bombas a vapor. Respecto a la innovación del malacate en el ocaso de la Nueva España, surge la discusión entre los hombres de ciencia:

> Hacia 1784, en la Gazeta de México, se publicó una importante polémica entre Joseph Antonio de Alzate y Ramírez y Joaquín Velázquez de León [entonces director del Tribunal de Minería] en torno a los malacates. […] Alzate escribió algunas observaciones [para el mejoramiento del malacate] […] Entre sus "defectos" se refiere a la forma que tenían las máquinas; se dice que en algunos lugares tenían seis, ocho y, 16 lados, pero resultaba preferible que fueran cilíndricos, para que el movimiento fuera uniforme, se disminuyera la resistencia, se aumentara la potencia y los caballos no perdieran fuerza. Las poleas debían ser más grandes para conservar la fuerza de los animales y evitar el desgaste prematuro de las sogas. Las máquinas se colocaban muy lejos del tiro general de las minas, con lo cual los caballos perdían potencia. Asimismo, crítico que se consumía gran cantidad de cueros y propuso que las botas podían ser elaboradas de "suelas" curtidas o inclusive podían cambiarse por pipas (barriles) de madera. Las sogas de lechugilla

[224] Eduardo Flores Clair, "La industrialización minera durante la guerra de independencia, las bombas de la paz y la reconciliación", Francisco Javier Rodríguez Garza (coord.), *Protoindutrialización, industrialización y desindustrialización en la historia de México*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, Casa abierta al tiempo, 2009, p. 58.
[225] Moisés Gámez Rodríguez, 2004, p. 49.
[226] Guadalupe Nava Oteo, "La minería bajo el Porfiriato", Ciro Cardoso (coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1992, p. 343.

> eran muy gruesas para las cargas que extraían y su volumen resultaba un peso extra para el malacate y para darles mayor durabilidad se debían de embadurnar con betún, chicle blanco o grasa. Agregó que era indispensable construir piletas en el interior de las minas, para recolectar el agua, pues los trabajadores encargados de llenar las botas, permanecían inundados hasta a cintura y al subir el agua se derramaba y era como estar en un ininterrumpido aguacero.[227]

En el contexto de la situación tecnológica de finales del siglo XVIII de la minería colonial, era elemental plantearse ese tipo de observaciones como derivado de la presión borbónica, y de la Revolución Industrial que estalló en Inglaterra. Sin embargo, Alzate fue rebatido a causa de que el mismo año (una carta se publicó en un suplemento de la Gazeta), un minero que firmó como F.R.R, le sugirió al director del Tribunal Joaquín Velázquez a rebatir su postura, pues según este minero, dicha innovación del malacate no era viable. Tiempo más tarde la discusión entre Alzate y Velázquez culminó con una marcada incongruencia respecto al tema. Según Eduardo Flores Clair, se desconoce si algún minero tomó las sugerencias elaboradas por Alzate.[228] Fue en este contexto que comenzaron las aspiraciones por las bombas a vapor.

Entre otros de los datos que saltan como intrigantes respecto al tema de innovación, se tiene que para "1784 el Conde de Sabrán construyó una 'máquina de cuerda', que consistía en una rueda dentada con manivelas, movidas por dos hombres, por medio de un juego de poleas que extraía el agua y servía para elevarla hasta unos 20 metros, reducía el consumo de cueros y evitaba 'fatigas'. Aventajaba a las norias y 'cigüeñas' que utilizaban para levantar agua en forma escalonada, de unos pozos a otros y hasta la caja del tiro en el interior de las minas. Asimismo, en un informe de la diputación de Tlalpujahua, en 1806, se relató que en el Real del Oro se habían instalado dos 'artes' para el desagüe de las minas; uno era movido por el viento y el otro por el agua, los habían construido un 'inglés y un francés' y las minas llegaron a 'bajar hasta veinte varas'".[229] De esta forma se corrobora que la innovación no estuvo exenta, empero, bajo mis nociones, considero este tipo de innovaciones como "incrementales", pues sólo reflejan saltos pequeños en materia de producción y economía.

Durante el periodo finisecular del siglo dieciocho y primeras décadas del siguiente siglo se articularon múltiples innovaciones que se acoplaron a distintas fases del proceso

[227] Eduardo Flores Clair, 2009, pp. 59-60.
[228] Eduardo Flores Clair, 2009, pp. 60-61.
[229] Eduardo Flores Clair, 2009, pp. 62-63.

minero-metalúrgico, empero, no culminaron por dar un ritmo trascendente de la "operatividad y formas de producción minera tradicional", debido a la arraigada práctica de métodos y técnicas con tímida innovación.

2.2.2. Innovación en la actividad extractiva

Las innovaciones en la fase de extracción mineral, se comenzaron a gestar de forma más eminente en las primeras décadas de siglo XIX. En cuanto a la problemática de las constantes inundaciones en las minas, se requería una solución pragmática basada en los productos científico-tecnológicos de la época. Uno de los científicos pioneros en generar innovación al sistema de desagüe, fue Andrés Manuel Del Río. Pues el sistema de malacates accionado por la fuerza hidráulica o neumática ya no era tan eficiente por las exigencias de la empresa, ya que la minería colonial cada vez tenía excavaciones más profundas, y por ende, era más proclive al hundimiento por aguas subterráneas, esto limitaba la producción mineral. Del Río, ante esta problemática adaptó la *máquina de columnas de agua* al mineral de Real del Monte.[230] Esta innovación tuvo fecha en "1805, cuando estaba en apogeo el debate sobre cómo desaguar las minas de la Nueva España, ante el problema recurrente de las inundaciones, Del Río se ocupó de la adaptación y construcción para la Nueva España de una máquina de columna de agua o sistema de sifón para el desagüe de las minas, semejante a las operadas con éxito en Hungría. La construcción de la máquina duró cuatro años y fue aplicada con eficacia en el distrito minero del Real del Monte. Se considera el primer proyecto de ese género en América".[231]

Esta primera máquina a vapor ¿qué tan exitosa fue? Según, Eduardo Flores Clair, "la 'máquina de columna de agua', en la que se había depositado todas sus esperanzas, en realidad había fracasado, por la falta de corrientes de agua y el Tribunal había invertido la cuantiosa cantidad de 42, 900 pesos, sin conocer el monto del financiamiento apartado por los dueños de la mina del Morán".[232] Seguido de esto vino un periodo de recesión por la

[230] José Alfredo Uribe Salas, "Labor de Andrés Manuel Del Río en México: Profesor en el Real Seminario de Minería e Innovador Tecnológico en Minas y Ferrerías", *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*. Vol. LVIII, Número 2, Julio-diciembre 2006, p. 250. [En línea] http://asclepio.revistas.csic.es/index.php/asclepio/article/viewFile/15/15 [Fecha de consulta: 03 de agosto de 2015].
[231] Emma Yanes Rizo, "Pasión por la Tierra", *Artes de México. Una Visión de la Minería*, México, Número 86, Octubre 2007, p. 52.
[232] Eduardo Flores Clair, 2009, p. 74.

guerra de Independencia (1810-1821), al término de ésta, las condiciones de la minería eran precarias y la naciente nación requería de fuertes sumas de capital para reactivar su economía. Sobre todo la industria minera que había sido el fuerte durante los siglos de la Colonia. Los primeros en reconocer la independencia mexicana fueron los británicos, y con ello incursionaron sus inversiones principalmente en el campo minero (en la década de 1820).[233] Después de la innovación inspirada por Del Río, con el tiempo resultó poco suficiente. En seguida, junto con las inversiones británicas vinieron avances científico-tecnológicos de la época. La preocupación ocupaba aún el problema de las inundaciones, para esto se buscó innovar el sistema de desagüe. "Hasta 1821 no se dio formalmente la iniciativa de instalar máquinas de vapor importadas con fines de desagüe. Al parecer, la primera de ellas, traída de Inglaterra, logró trabajar hasta 1826 en el Real de Catorce. A partir de entonces y a pesar de la actitud de algunos empresarios, la bomba de vapor tomó carta de naturalización en la minería mexicana".[234] Con la incursión de los equipos de bombeo se fue desplazando paulatinamente al antiguo sistema de malacates (en el cual el ascenso se basaba en fuerza motriz animal o humana "sangre"). Con este paso la fase extractiva experimentaba un cambio tecnológico más marcado, producto de la investigación y/o experimentación que se traducen como innovación.

Poco a poco se trajeron y adaptaron máquinas para bombeo basadas en la fuerza motriz producida por vapor, sin embargo, esto no significó un éxito rotundo, pues: "En Tlalpujahua, por ejemplo, las máquinas de vapor no pudieron drenar el agua de las minas por la falta de una base industrial que apoyara la adaptación de las máquinas y que surtiera de refacciones".[235] A partir de la segunda década del siglo XIX la incursión tecnológica basada en las emergentes máquinas de vapor fue una gran aportación para la explotación minera, mismas que perduraron hasta finales del siglo e incluso primeros años del siglo XX. Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XIX se fueron anteponiendo nuevos aparatos accionados por la energía eléctrica, a su vez la minería estaba en el proceso de innovación.

[233] Robert W. Randall, *Real del Monte: Una empresa minera británica en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 1972, pp. 45-46.
[234] Elías Trabulse, *El círculo roto*, Fondo de Cultura Económica, México, 1984, pp. 187-188.
[235] Alma Parra, 2014, p. 152.

Sin embargo, para 1897 el *Instituto Geológico de México*,[236] anexado entonces a la *Secretaría de Fomento*, presento un informe específicamente sobre "El Mineral de Pachuca". En este documento se expone el proceso global minero-metalúrgico practicado en las minas de dicho fundo, para este caso, se extrajo lo referente a la innovación de la extracción mineral. En primer momento se anexa la información referente a la locomoción subterránea del mineral, de forma contrastada.

Tabla 11: *Transporte del mineral al interior de las minas en Pachuca, finales del siglo XIX.*

Minas pequeñas	**Minas de gran producción**
[…] se hace uso del acarreo á lomo de peones que llevan el metal encostalado ó en mantas de jarcia ó cuero. La cantidad de metal que un peón puede transportar varía con la pendiente del cañón y sus dimensiones, con el estado del piso y con la ventilación; en las minas de Pachuca, en la mayoría de los casos, los cañones están en buenas condiciones y un peon [*sic*] con una carga de 50 kilógramos puede hacer de 25 á 30 viajes á una distancia de 200 metros, produciendo un efecto útil de 0.3 toneladas kilométricas […] Si la distancia es mayor, suelen emplearse carretillas de mano.	[…] todo el acarreo se hace por vías perfeccionadas de 50 centímetros de ancho, con rieles de acero y durmientes metálicos, sobre los que ruedan carros generalmente de lámina metálica montados sobre ejes de acero y ruedas de fundición, casi siempre libres. El tipo de los carros varía de una mina á otra prefiriéndose aquellos que puedan bascular; su capacidad y naturalmente su peso varían también dominando los de 500 á 600 litros que pueden extraer por viaje una tonelada de mineral. […] Según datos que hemos podido recoger, un carro puede hacer 40 viajes redondos recorriendo 200 metros de distancia en 8 horas […]
Costo aproximado por tonelada $1.70	**Costo** aproximado por tonelada $0.20 y $0.25

Extracción textual de: M. Rangel, "Explotación de las minas", *El Mineral de Pachuca*, Instituto Geológico Mexicano, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1897, pp. 135-136.

Como se aprecia, las características tanto de las minas pequeñas como de las grandes, presentan elementos innovadores (sobre todo en las grandes), respecto a la descripción antes citaba de Moisés Gámez. Y si revisamos nuevamente, las minas pequeñas del Mineral de Pachuca, casan más con la operatividad subterránea descrita por Gámez para la época novohispana. Si vemos al final de esta última tabla, salta información elemental para la tesis, vemos que a mayor equipamiento técnico-tecnológico hay una reducción en los costos y tiempo de labor, lo cual se traducen en: "innovación" es igual a "economía" (al menos para el ejemplo).

[236] Instituto Geológico Mexicano, *El Mineral de Pachuca*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1897.

Respecto a la extracción mineral, se expone en el mismo informe del *Instituto Tabla Geológico* de 1897, la siguiente información:

Tabla 12: *Extracción mineral, innovación incremental. Mineral de Pachuca finales del siglo XIX.*

Permanencia de lo tradicional	Innovación
Suele efectuarse también el manteo en botas de cuero "tenates," [*sic*] que exigen más tiempo para cargarse y descargarse, y que no estando guidas vienen oscilando y chocando contra los corrales del tiro con tanta fuerza cuanto la velocidad es más grande, por lo que no puede hacerse el servicio con rapidez, y sólo se emplea este medio para minas de poca importancia.	El mineral es levantado desde los despachos al exterior en "chalupas". Son estas unas cajas de lámina de fierro de forma de prismas rectos de base rectangular, truncados por un plano que pasa por una de las aristas de la base inferior con una inclinación próxima á 45° que constituye el fondo y permite al mineral vaciarse cuando se abre la puerta que está situada en la parte inferior de la cara más grande del prisma. […] Lateralmente tienen unas abrazaderas en las que entran las guías, y algunas veces ruedas que se apoyan sobre éstas.

Extracción textual en: M. Rangel, 1897, p. 136.

A pesar de la fecha del informe del sector gobierno, la operatividad en las minas sigue con elementos tradicionalistas, en algunos casos, fusionados (tradicional-moderno) lo cual distingue el ejercicio minero de la época, respecto al de la Nueva España. La cuestión versa en que el equipamiento tecnológico no arribo de forma homogénea, pues dependía de muchas variables, pues los modos tradicionales se harán presentes aún en la primera década del siglo XX, tanto en la fase de extracción como en la metalúrgica. Y respecto al desagüe, encontré en el mismo informe antes citado, pero en el apartado de "Maquinaria y desagüe",[237] por P. C. Sánchez donde expone que la dinámica de extracción de agua o desagüe, se efectúa con preponderancia por las máquinas de vapor, e incluso aún con los malacates. Sin embargo, Sánchez expone con apoyo de texto, fórmulas precisas de orden físico-matemático donde arguye el accionar más eficiente de dichas máquinas, que constan de motores movidos por el carbón que produce el vapor.

No obstante la innovación de la fase de extracción mineral, no para allí, también viene la aportación de la electricidad por esos años. Pues con la electrificación de esta actividad, también se ocupó en otras funciones elementales. Por ejemplo: "La iluminación y la ventilación interna de las minas fueron otros aspectos que se modificaron con la

[237] P. C. Sánchez, "Maquinaria y desagüe", *El Mineral de Pachuca*, Instituto Geológico Mexicano, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1897, pp. 144-153.

aplicación de la energía eléctrica. A partir de 1905, todos los socavones existentes o en preparación fueron iluminados con bombillas eléctricas, y el uso común de velas quedó solamente en la memoria de los trabajadores".[238] Dicha innovación permitió el aprovechamiento de forma más efectiva de la explotación de los minerales, pues "Una vez tumbado el mineral, era extraído a la superficie por medio de carretillas y todavía a lomo de bestias, e inclusive en costales que los peones transportaban hasta el exterior [ejemplo de El Oro-Tlalpujahua en una de sus minas]. Después de 1905, esa operación fue realizada por locomotoras eléctricas con capacidad de cinco toneladas".[239] Así pues, se puede observar que la electrificación generó una innovación y resolución efectiva a problemas físicos, sin embargo, la modernización presentaba un notable beneficio de forma parcial o al menos para las empresas más desarrolladas e innovadoras.

Otra de las innovaciones gestadas en la minería mexicana en la fase de extracción, fue la implementación de motores eléctricos al sistema de malacate. Después de la incursión eléctrica en actividad minera, los malacates recibieron una innovación sustancial, pues se les acoplaron motores eléctricos, de hecho, con este tipo de equipamiento era más factible, además extraer material mineral, también podían servir de ascensor para los mineros.[240] "Resulta evidente la importancia que tuvo la introducción de la electricidad en estas empresas mineras modernas, como las ubicadas en El Oro, si se consideran las grandes cantidades de mineral que se extraían de los tiros de estas minas, la importancia de su trituración, las ventajas que ofrecía la luz eléctrica en el interior de las minas así como extraer el agua mediante bombas, para mover a los grandes malacates, los elevadores y los molinos con sus pesados mazos".[241] Esto, sólo por citar algunos ejemplos de las innovaciones generadas por la incursión de fuerza motriz basada en la electricidad en la fase de extracción mineral, antes el desplazamiento parcial de procesos tradicionalistas.

[238] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 218.
[239] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 218.
[240] Javier Ortega Morel, *Minería y tecnología: la compañía norteamericana de Real del Monte y Pachuca, 1906 a 1947*, Tesis doctoral, México, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras/UNAM, 2010, p. 112.
[241] Brígida von Mentz, "Trabajo minero y control social durante El Porfiriato. Los operarios de dos poblaciones contrastantes", *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal (Redalyc)*, Historia Mexicana, vol. L, núm. 3, Enero-marzo 2001, El Colegio de México, Distrito Federal, p. 585. [En línea] http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60050304 [Fecha de consulta: 03 de agosto de 2015].

2.3. Metalurgia: del beneficio tradicional al moderno

El progreso metalúrgico se debe en gran medida al desarrollo de la transformación química. Por ello se evoca de forma rápida sus orígenes. Fue en la segunda mitad del siglo XVIII cuando nació (en forma) la industria química ya como un campo productivo y especializado, basado –obviamente- en la ciencia química.[242] Existen muchos casos sobre los antecedentes de la aplicación química. Uno de sus antecedentes es la denominada Alquimia, que era un conjunto doctrinario y que basaba sus conocimientos en estudios experimentales que se desarrolló entre los siglos IX y XVII d. n. e.[243] "De los dos fines principales de los alquimistas –la transmutación de metales viles en oro y el descubrimiento del elixir de la vida- el segundo reclama ahora nuestra atención. Aunque la búsqueda del elixir de la vida estaba destinada al fracaso, no fue en absoluto infructuosa, ya que desde los tiempos antiguos la preparación de medicamentos ha sido una importante aplicación de los conocimientos químicos".[244] Seguido de esta etapa alquímica medieval, prosiguió la química como ciencia formal –según algunos investigadores- fue gracias a Robert Boyle (padre de la química a partir del siglo XVII, con tal aportación, la industria química se desarrolló a ritmos vertiginosos y con un margen de aplicación diversificada), este era originario de Lismore, en Munter, Irlanda (1627-1691), él hizo elementales aportaciones al mundo de la química moderna, que conocemos actualmente.[245]

Los orígenes de la metalurgia en el continente americano datan por lo menos de 2 100 años a. n. e., en Perú, esto gracias a restos de orfebrería.[246] Con la conquista del

[242] Thomas Kingston Derry y Trevor Williams, 1991, p. 374; Aunque los antecedentes de dicha actividad se remontan a cientos de años antes de nuestra era. Más en concreto, se estima que ya se desarrollaban actividades químicas tres milenios a. n. e. (desde las antiguas civilizaciones egipcia y china, por referir algunas); por ejemplo: las sustancias químicas que se emplearon para embalsamar a Tutánkhamon (faraón egipcio de la XVIII dinastía) datan aproximadamente del 1350 a. n. e. En: Thomas Kingston Derry y Trevor Williams, 1991, pp. 376-378; José Giral B., Sergio González P. y Eduardo Montaño A., *La industria Química en México*, México, Redacta, 1978, p. 3.

[243] Thomas Kingston Derry y Trevor Williams, 1991, p. 392.

[244] Thomas Kingston Derry y Trevor Williams, 1991, p. 391.

[245] Thomas Kingston Derry y Trevor Williams, 1991, p. 393; Soledad Esteban Santos, "Entorno a Boyle: su mundo y su obra científica", *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Madrid, España, Segunda Época, Julio-septiembre 2002, pp. 24-29. [En línea] dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/870859.pdf [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2015].

[246] Camilo Marín Villar (coordinador), "La Sorprendente Tecnología Metalúrgica Prehispánica", *Revista Metal Actual*, Núm. 24, p. 13. [En línea] http://www.metalactual.com/revista/24/actualidad_prehistoria.pdf [Fecha de consulta: 07 de agosto de 2015]; En otros estudios tenemos que para el siglo X d. n. e. comenzó la propagación de la metalurgia hacia la zona mesoamericana en forma paulatina, esta provenía de Sudamérica.

continente americano se trajeron las prácticas metalúrgicas europeas. La metalurgia practicada en la Nueva España, de hecho, no depende tanto de la metalurgia peninsular, sino del propio descubrimiento de Bartolomé con la Amalgamación, actividad que dependía en gran medida del desarrollo de la ciencia química. Hablar tanto de metalurgia y de Química como actividades sólidas en la historia de México, debemos recorrernos hasta las épocas Moderna y Contemporánea en la historia científica de México, se pueden referir dos importantes fechas de fundación de instituciones para la formación e investigación científica: la primera, el *Real Seminario de Minería* en 1792[247] por Fausto Elhuyar[248], una más temprana que la otra (de finales del siglo XVIII con constantes cambios en los próximos siglos); y la segunda, corresponde a la *Escuela Nacional de Química*, fundada por Venustiano Carranza en 1916, la cual vino a fomentar el crecimiento de la industria química mexicana.[249] Fueron de las instituciones más destacadas en el rubro minero y químico, claramente la primera con total relación al tema de estudio de este trabajo.

Cuadro 1: *Reactivos químicos: Amalgamación por patio y Cianuración.*

Amalgamación por patio: fórmula de *Medina*	Cianuración: fórmula *Elsner* (similar a la de *Forrest-McArthur*)[250]
SO4Cu + 2ClNa - Cl2Cu + SO4 Na2 Cl2Cu + SAg2 - 2 ClA + Scu 2 Clg + n Hg - Ag2Hg2 (amalgama) + Cl2 Hg2 Elemento a beneficiar: Ag (plata); Reactivos:	4Au + 8NaCN + O2 + 2H2O → 4NaAu(CN)2 + 4NaOH elemento a beneficiar Au (oro) 4Ag + 8 NaCN + O2 + 2H2 O → 4NaAg(CN)2 + 4NaOH elemento a beneficiar Ag (plata) Reactivos: cianuro de sodio (a veces con

Juan Manuel Menes Llaguno, *Bartolomé de Medina: Un sevillano pachuqueño*, México, Miguel Ángel Porrua, 1989, p. 26.

[247] Como director del Real Tribunal de Minería Fausto Elhuyar (mineralogista) tomó control a partir de 1788, y planteó el nuevo proyecto (del Colegio de Minería) al año siguiente. Y el diseñó del edificio que albergaría al colegio, se designó a Manuel Tolsá. Véase: Iván Denísovich Alcantar Terán y María Cristina Soriano Valdez, "La construcción del Real Colegio de Minería, 1797-1813", *200 años del Palacio de Minería: su historia a partir de fuentes documentales*, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de México, 2013, pp. 87-91; al comenzar a funcionar el Real Seminario de Minería, las materias eran: <<las Matemáticas, la Química, la Geometría y la Mineralogía.>> en: Lucero Morelos Rodríguez, *La Geología Mexicana en el Siglo XIX*. *Una revisión histórica de la obra de Antonio Del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena*, México, Secretaría del Estado de Michoacán, Plaza y Valdés, 2012, p. 34.

[248] Fue un hombre de ciencia reconocido en Europa por haber descubierto un elemento químico (conocido de dos formas: wolframio o tugsteno), fue designado por el rey español Carlos III para impulsar el progreso científico en beneficio de la explotación del suelo novohispano en beneficio de la corona borbónica. En: José Giral B., Sergio González P. y Eduardo Montaño A., *La industria Química en México*, México, Redacta, 1978, p. 5.

[249] Posteriormente vino la creación de importantes instituciones, como la Universidad Nacional en 1917: José Giral B., Sergio González P. y Eduardo Montaño A., 1978, p. 8.

[250] Localizar con precisión la fórmula como tal de Forrest-McArthur, resulta complicado y poco claro, sin embargo, por los textos citados respecto a la historia del cianuro, se observa una tendencia de referencia a la Ecuación Elsner, según muy similar a la Forrrest-McArthur: Javier Ortega Morel, 2010, 167.

sal, mercurio, sulfato de cobre, hierro (la fórmula pudo variar con el tiempo).	potasio), hidróxido, agua (la fórmula puede variar consecutivamente).

Basado en: Enrique Canudas Sandoval, 2005, pp. 200-2001 (Amalgamación); y M.C Gabriela V. Figueroa Mtz., Dr. José Refugio Parga Torres y Dr. Jesús L. Valenzuela García, "Estudio electroquímico de recuperación de oro y plata de soluciones provenientes de un proceso de cianuración a presión", *Revista GEOMIMET*, Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. Año XXXVIII, núm. 299, Septiembre-octubre 2012, p. 24 (Cianuración).

2.3.1. Ciencia e innovación en los métodos tradicionales: Fundición, Amalgamación por patio y por toneles

Fundición, amalgamación por patio (y por toneles), entre otros métodos tradicionales que variaban en su implementación en la minería, esto debido a que "Cada uno de estos sistemas respondía a las características físicas de los minerales que se extraían de las minas".[251] ¿Qué significa esta declaración? bien, la diversidad geográfica y por tanto del componente mineral del suelo mexicano es muy variado, no toda mina contiene la misma riqueza mineral y ni los mismos metales.[252]

En este sentido es que se aplicaban los diferentes métodos –según las características minerales-, es decir (como ejemplo, antes de la incursión del método por cianuración), "Solamente los de muy alta ley se fundían, la mayor parte del mineral se destinaba a la amalgamación, ya fuera por patio o en toneles".[253] Tal situación, también influyó en la necesidad de innovar en los procesos de tratamiento mineral. Acción que se vio influenciada por los científicos o técnicos mineros de la época (fueran nacionales o traídos del extranjero por los empresarios), quienes según sus conocimientos adaptaban la mejor

[251] Eduardo Flores Clair, "Los progresos de la fundición de metales argentíferos en la minería novohispana del siglo XVIII", *Revista Dimensión Antropológica*, INHA, Año 13, Vol. 36, Enero-abril 2006, p. 45. [En línea] http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/wp-content/uploads/02Dimen361.pdf [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2015].

[252] <<La distribución geográfica de la riqueza minera tiene estrechos lazos de dependencia con la geología de las provincias metalogenéticas. Si examinamos la distribución territorial de los yacimientos argentíferos establecida a fines del siglo XIX por Ingenieros del Instituto Geológica Nacional, constataremos que de 25 Estados que entonces integraban la República Federal, 20 fueron catalogados como productores de plata y otros metales. Resulta más fácil señalar los 5 estados donde la extracción de minerales no era una actividad económica dominante, confinados todos en el sureste: Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas y Veracruz, hoy podemos incluir a Quintana Roo, cuya única industria 'extractiva' fue primero el palo de tinte y luego el turismo. Tampoco hay que creer que los otros 20 Estados eran potencias minerales de la misma magnitud, la desigualdad reinaba.>> En: Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 158.

[253] Rina Ortiz Peralta, "El beneficio de minerales en el siglo XIX: El caso de la Compañía de Real del Monte y Pachuca", *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, México, núm. 14, Julio-diciembre de 1991, p. 77.

forma de procesar los minerales al accidente geográfico y geológico de la mejor manera posible.

Antes de profundizar en el tema, ¿Cómo se define la metalurgia en este estudio? "la metalurgia refiérase al arte o ciencia de beneficiar los minerales extraídos para obtener de ellos los metales, sólo los metales, y disponerlos para su ulterior empleo en la fabricación de instrumento y utensilios de diversa índole".[254] El beneficio de metales preciosos en la época precolombina ya se dominaba, aunque en un modo básico, pues el "oro y la plata los obtenían con métodos mecánicos, lavando las arenas ricas en oro y separando los filones ricos en plata. A pesar de sus técnicas minerometalúrgicas [*sic*] primitivas, produjeron extraordinarias obras de orfebrería, como por ejemplo las joyas de Monte Albán".[255] O bien, algunas otras variantes. En estos parámetros se expresa lo siguiente.

Metalurgia prehispánica: la *torrefacción* o de *fuego* era un sistema utilizado por algunos grupos nativos de dicha época. Este se empleaba de la siguiente manera:

> El sistema acostumbrado era llamado de torrefacción y consistía este método en prenderle fuego a la roca conteniente del metal, enfriándola luego bruscamente para provocar un destemplamiento que la partía en mil pedazos. Después se recogían los trozos de mayor contenido de plata. A esta acción se le conocía con el nombre de "Pizca"; como todavía la plata tenía muchas impurezas o metales aleados, molíanla [*sic*] con morteros y nuevamente le aplicaban fuego empleando hornos cilíndricos, generalmente de barro (a veces de piedra), con dos orificios puestos en la parte superior para soplar aire y otro en la inferior para su entrada, o bien utilizaban crisoles de arcilla hemisféricos, práctica corriente entre los joyeros y con auxilio de moldes de arcilla, piedra o arena, confeccionaban los vaciados de diversas piezas destinadas a usos varios.[256]

De este tipo de práctica metalúrgica se encontró rastro de su uso en Pachuquilla (en Hidalgo, México). A la brevedad de la conquista española se implementaron las tecnologías europeas para el proceso de extracción y beneficio de metales preciosos –principalmente plata-. El primer método de refinación utilizado por los españoles en territorio mexicano fue la fundición (consistía en el calor a base de leña y carbón), empero, la baja ley de los metales argentíferos hacía ineficiente el tratamiento con este procedimiento. Esto dio paso a

[254] Juan Manuel Menes Llaguno, Bartolomé de Medina, 1989, p. 24.
[255] José Giral B., Sergio González P. y Eduardo Montaño A., 1978, p. 4.
[256] José Giral B., Sergio González P. y Eduardo Montaño A., 1978, pp. 27-28.

la experimentación de nuevos sistemas de purificación, con ello vino el descubrimiento de un método más efectivo: "la amalgamación con azogue".[257]

Pero antes del alumbramiento de la amalgamación, "Antonio García Saldaña y Rodrigo Halcón (o Falcón) hijos, respectivamente, de Sevilla y de Oropesa, que llegaron a Nueva España en 1533, dieron orden de que se construyesen ingenios de molienda y fundición. […] Los fuelles en los primeros años, así como los mazos o morteros para triturar o moler el mineral, eran movidos por fuerza humana; pero, pronto se recurrió a caballerías: Juan Plazenzia, minero de Taxco, que había llegado a Nueva España en 1535, según declaración propia, 'dio yndustria de cómo se hizieron yndegios de cauallos [caballos] y que fue causa de que tomasen en si las minas […]' En los lugares donde de disponía de agua, se recurrió a ruedas hidráulicas [*sic*]".[258] En este contexto de emprendimiento minero de los peninsulares, se erigió dicha empresa eminente para el capitalismo embrionario de la época, y siglos después motivó en la consolidación del capitalismo, con su distintiva producción de plata.

Antes del descubrimiento de Medina, se instaló el beneficio de metales por *Fundición* o *fuego*: "su origen se remonta a la edad de bronce y si bien esta técnica, traída por los españoles al nuevo mundo, sufrió pocas variaciones a lo largo de la época colonial, se vio transformada con la introducción del tequesquite".[259] El auge de la fundición tuvo dos momentos importantes: uno fue con la introducción minera europea a cargo de la corona española; y el segundo, posterior a la Independencia con los ingleses.[260] Antes de pasar a la innovación de este método, veamos cómo funcionaba básicamente:

> En cuanto al método de beneficio o fundición implementado durante la colonia, no varió mucho respecto al que utilizaban los nativos del lugar. Una vez molido el mineral los fundidores indígenas lo mezclaban con leña carbonizada previamente y lo colocaban en un crisol o en pozos poco profundos cubiertos de tierra, revestidos

[257] Robert W. Randall, 1977, p. 125; Inés Herrera Canales, "Azogue y plata. Una unión fructífera", *Revista Artes de México. Una visión de la Minería*, núm. 86, México, Octubre 2007, p. 58.
[258] Modesto Bargalló, 1966, p. 75 y 76.
[259] <<En los términos de Garcés y Eguía, el tequesquite tenía los mismos componentes que la sosa, es decir, del carbonato sódico (Na_2CO_3).>> Eduardo Flores Clair, 2006, p. 44. En otra definición, tequesquite es <<o sea barrilla.- Materia salinosa que se acompaña para facilitar el fundente de metales ricos, con la calidad de resecos ó rebeldes>> en: Juan Berdegal De La Cuesta, *Cartilla Práctica sobre Elaboreo de las Minas y Reconocimiento y Beneficio de los Metales*, Madrid, La Imprime y Publica D. Marcelino Calero y Portocarrero, 1838, p. 139. [En línea] http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=ucm.532379528x;view=1up;seq=3 [Fecha de consulta: 10 de agosto de 2015].
[260] Robert W. Randall, 1972, pp. 125-127.

> con una mezcla de barro y cenizas e intensificaban el calor soplando a través de una caña. Usando este procedimiento, según el fundidor indígena, había necesidad de fundir dos o tres veces para que quede como ha de estar.[261]

Como se puede apreciar el método de *fuego* es casi idéntico al nativo (conocido como *torrefacción*), empero la innovación que recibió fue la siguiente:

> La nueva técnica consistía en incorporar tequesquite a los minerales destinados a la fundición, es decir, los más ricos o de mayor ley. En un ensaye menor (poco más de 150 kilos), 21 la fórmula era la siguiente: 30% de metales, 30% de tequesquite y 30% de "greta". A dicha mezcla se le incorporaba plomo granulado (7%) y resinas o grasas (3%).[262]

Hasta aquí en lo poco referido sobre la metalurgia precolombina y colonial, se puede dimensionar la ligera evolución metalúrgica. La transformación ha venido siempre encaminada a maximizar la producción y a minimizar sus costos. Este es el gran motor de la innovación de la actividad minera-metalúrgica, la exigencia de la empresa por implementar los más novedosos artilugios y métodos derivados del intelecto del hombre-científico. No se pone más atención al método de *fundición* debido a que el estudio se concentra en los dos más importantes modelos de beneficio (*amalgamación* y *cianuración*), ya que estos marcaron dos periodos históricos de la minería mexicana. Uno, es la *amalgamación por patio* que surgió en tierras mexicanas y fue el método que marcó la producción de oro y plata durante la Colonia y siglo XIX; dos, la *cianuración* que llegó en el momento coyuntural de la minería tradicional (periodo antes referido), desplazó las prácticas de tradición metalúrgica y los minimizó a tal manera que el novedoso método con cianuro modernizó la minería.

Y bien, ¿dónde y cuándo surgió el método de amalgamación plata-mercurio? Fue en el distrito minero de Pachuca y Real del Monte donde se originó el sistema de beneficio por amalgamación (en el siglo XVI), método que se extendió hasta el siglo XX. El sistema de amalgamación con azogue surgió en 1555[263] por Bartolomé de Medina.[264] "[…] gracias al descubrimiento de Medina, las minas de los reinos de Nueva España y del Perú, inundaron

[261] José Alfredo Uribe Salas, 2005, p. 30.
[262] Eduardo Flores Clair, 2006, p. 47.
[263] Robert W. Randall, 1972, p. 20; Oriel Gómez Mendoza, 2013, p. 127.
[264] <<Bartolomé de Medina no es sino uno de tantos metalurgistas de la época que avizoraba la posibilidad de lograr un beneficio más rápido y barato a través de una vieja práctica medieval que utilizaba para tal efecto el mercurio>> en: Juan Manuel Menes Llaguno, 1989, p. 41.

de plata al mundo; y esto sólo aconteció después de que el genio y la perseverancia del minero sevillano, radicado en Pachuca (México) anunció al virrey y a los mineros de Nueva España que había descubierto un nuevo beneficio: se había salido 'con ello'; esto es con *el primer método industrial de amalgamación de los minerales de plata*, que en metalurgia se haya practicado".[265]

El metalurgista sevillano se encontraba con la experimentación en Pachuca (hacienda La Purísima Grande), crisol de esta novedad. Este método (se propagó especialmente en Nueva España y Perú) de beneficio duró un aproximado de tres siglos aplicándose –de 1555 a 1905-. En dicho lapso sufrió ligeras innovaciones que versaban en la economía de tiempo y costos. Hasta la fecha no hay sistema más longevo y utilizado (en su tiempo) en la minería mexicana como lo fue el beneficio con amalgamación por patio –nombre que terminó de acuñarse tiempo después de su descubrimiento-. Lo paradójico de este descubrimiento es que –supuestamente- en la ciudad de Pachuca fue su última aplicación al haber cerrado la misma hacienda, que fue crisol de dicho método en el año de 1905.[266] Un antecedente que resulta valido mencionar sobre la práctica metalúrgica mediante la amalgamación es el expuesto por Modesto Bargalló: "amalgamar la plata; práctica que sólo se conoce desde los alquimistas medievales. En el Libro del Tesoro de Alfonso el Sabio, se trata ya de la preparación de amalgama en general. También conocieron los alquimistas de la Edad Media diversos métodos para separar una mezcla de oro y plata utilizando el ácido nítrico […]".[267]

El elemento químico que iniciaba la reacción de amalgamar era propiciado por el mercurio (azogue), es decir, la aleación del azogue con la plata daba como resultado la amalgamación, esto desplazaba todo el mineral infructuoso o no metálico. Esta dependencia al azogue en la minería novohispana promovió la importación de este insumo desde Almadén, España, y en esporádicas ocasiones de Idrija (en algunos textos se refiere como Idria) Eslovenia y Huancavelica, Perú. Pues en la Nueva España no había relevante producción de mercurio. Fue así hasta que por factores internacionales y la guerra de Independencia de México, la importación fue promovida por particulares ingleses, he aquí,

[265] Modesto Bargalló, 1966, p.85.
[266] Inés Herrera Canales, 2007, pp. 60-62.
[267] Extracción: Modesto Bargalló, *La Minería y la Metalurgia en la América Española durante la Época Colonial*, México, Fondo de Cultura Económica, 1955, p. 107; fuente: Juan Manuel Menes Llaguno, 1989, p. 41.

un factor decisivo en la oscilación del precio del azogue a lo largo de la historia en la minería mexicana, por ende, en el costo general de la producción de la plata.[268]

La eficacia y economía de este método fue tan exitoso que al poco tiempo de su alumbramiento, fue adoptado rápidamente a lo largo de la Nueva España, su simpleza en su aplicación fue trascendente ya que el método era ejecutado en frío, cuestión contraria al método de fundición europeo que requería de combustibles para su procedimiento, factor que determinó su eficacia para fomentar la producción minero-metalúrgica. Este método mexicano, puede considerarse como hito de la industria refinadora de metales preciosos en la historia metalúrgica y química de México.[269]

La amalgamación es una práctica tradicionalista y por acumular una longevidad y persistencia de su aplicación, método que sólo sufrió innovaciones superfluas. Y la cianuración, por ser moderna, con un procedimiento más complejo. Para darnos una idea de sus bases de producción o esquema operativo, véase el siguiente cuadro comparativo:

***Cuadro 2**: Similitudes y divergencias: hacienda (amalgamación) vs. planta (cianuración).*

Estructura básica de la "hacienda" de beneficio por amalgamación	**Estructura de la "planta" de cianuración**
1. Galera de selección. 2. Galeras de molienda. 3. Patio. 4. Galera de lavado. 5. Sala de ensaye. 6. Hornos. 7. Corral para bestias. 8. Casa principal. 9. Huerto. 10. Carbonero. 11. Troje. 12. Azoguería o almacén. 13. Casa de mayordomo. 14. Jacales para cuadrilla. 15. Establo.	1. Casa de resquebrajamiento. 2. Molienda fina. 3. Piso concentración y selección. 4. Tubo del molino a los tanques. 5. Área de agitación y cianuración. 6. Limpieza del mineral. 7. Fundición. 8. Oficina de ensaye. 9. Almacén. 10. Taller de máquinas y carpintería. 11. Casa de transformadores. 12. Establos. 13. Cafetería. 14. Casa principal.

Basado en modelos guanajuatenses de: Oriel Gómez Mendoza, 2013, pp. 150-154 y 185-189.

[268] Inés Herrera Canales, 2007, pp. 60-62.
[269] Enrique Canudas Sandoval, 2005, pp. 535-537.

La descripción del sistema basado en la hacienda de beneficio, puede ser ligeramente variable ya que la "descripción original del método de Medina se extravió, y posteriores informes mineros del siglo XVI describieron las fases del método de patio con algunas modificaciones químicas y mecánicas que se fueron introduciendo a lo largo de esa centuria y en las siguientes, con el fin de evitar pérdidas de azogue y disminuir el tiempo del proceso".[270] Aunque Bargalló refiere que: "El beneficio de Medina constaba de cuatro etapas esenciales: molienda del mineral; amasado, con los pies, del material pulverizado humedecido, junto con sal y mercurio; lavado de la masa para separar la amalgama formada; y desazogado o extracción de la plata de la amalgama y recuperación parcial del mercurio. Las modalidades del beneficio surgidas en el curso del tiempo, se diferenciaban, principalmente, en el modo de realizar el amasado o repasos, con objeto de obtener la amalgamación en las condiciones más ventajosas, esto es, con una máxima cantidad de plata amalgamada y libertada, una menor perdida de mercurio, y reducir su duración, o aligerar el costo".[271] Dicha información permite construir un modelo –hipotético- sobre cómo se efectuó este método a lo largo de su historia.

Con el objetivo de mejorar aún más el método de beneficio por amalgamación, se tiene que en Europa se innovó este sistema, la novedad estribaba en que la fusión y reacción química se producía en barriles (también llamados toneles), en vez del tradicional patio de hacienda mexicana. "La amalgamación en barriles giratorios no era desconocida en México a la llegada de los ingleses, y su adopción había sido por lo menos sugerida en Real del Monte mucho antes del decenio de 140-1850".[272]

El agremiado mundo científico occidental estuvo activo en lo referente a la innovación del método nacido en Nueva España, por ejemplo, "…el Barón de Born, basándose en el método de 'cazo y conocimiento' de nuestro Álvaro Alonso Barba, estableció en 1786, su beneficio de amalgamación, que comenzó a practicarse en Hungría y Alemania. Las obras alemanas de Metalurgia y las de la Historia de la Química, no dan

[270] Inés Herrera Canales, 2007, p. 58.
[271] Modesto Bargalló, 1966, p. 87.
[272] <<La amalgamación de barril fue introducida en Real del Monte por un "caballero llamado Meinecke", el cual en agosto de 1843.>> En: Randall, R. W., 1972, p. 135.

noticia alguna sobre si en las minas europeas se hubiese practicado la amalgamación de mans [*sic*] de plata, antes de Born."[273] En ese contexto se cita lo siguiente:

> En el Congreso de Glashüette (Schemnitz, Hungría), celebrado a raíz de la publicación de las ideas de Born, y al que asistió Fausto de Elhuyar, se manifestaron tres tendencias: la una que asignaba al metal en la mena el estado nativo, de régulo, y que las operaciones de la amalgamación sólo libertaban al metal de los materiales que lo encerraban; la otra tendencia, era la de que los minerales debían reducirse, al menos parcialmente, y ser disueltos sobre todo por el ácido marino [clorhídrico]; y una tercera, que asentaba que en la trituración de los minerales tostados, el mercurio se apoderaba de la porción disuelta por los ácidos, descomponiendo las sales formados por vía de dobles afinidades, como ocurre en toda precipitación de un metal disuelto en un ácido, por otro metal. La última tendencia era la de Elhuyar, y en ella caen las ideas de Born.[274]

La innovación del Barón de Born en el proceso de amalgamación: *Sobre la amalgamación de las menas de plata y oro*. En la cual se expone de forma textual en la obra de Bargalló: "toda la materia de los minerales, purgada por el fuego de los ingredientes combustibles y volátiles, y convertida en la porción ácida y calciforme [de óxido] de su substancia en sales tan solubles en el agua como lo son las partes puramente térreas suficientemente divididas por acción de los mazos y del fuego, solamente es necesaria agua para desleírse toda en ese elemento y para ofrecer un libre acceso al mercurio y a su acción sobre las partículas de los metales perfectos".[275]

Derivado del arduo trabajo sobre el mejoramiento metalúrgico, se desarrolló la amalgamación por toneles presentaba algunas ventajas sobre la de patio, mientras que con los toneles la reacción química se logra en un día entero, la de patio podía rebasar los 60 días para lograr la amalgama. Sin embargo, la variante de amalgamación con toneles demandaba mayor consumo de combustible, sal e incluso otro tipo de fuerza motriz (por ejemplo, la hidráulica).[276] Para conocer en qué consistía el método por toneles (Friburgo, Freiberg, barril, entre otras denominaciones), léase el siguiente fragmento:

> *Amalgamación por toneles* en la descripción de John Buchan, fragmento extraído de la obra de Robert W. Randall. "El mineral, una vez triturado y cernido, se calcina en hornos con un 5 por 100 de sal (cloruro de sodio), mediante la cual la plata se separaba de su estado mineral original de compuestos sulfurados y se convierte en cloruros de plata. El mineral así preparado se transforma luego en una pasta espesa,

[273] Modesto Bargalló, 1966, p.82.
[274] Modesto Bargalló, 1966, p. 124.
[275] Modesto Bargalló, 1966, p. 123.
[276] Rina Ortiz Peralta, 1991, p. 75.

> revolviéndose con agua en unos grandes barriles (de 25 quintales de capacidad cada uno). Al agregársele luego hierro y mercurio, el primero de estos ingredientes separa otra vez el cloruro de la plata por su mayor afinidad, y entonces ésta es absorbida por el mercurio convirtiéndose en amalgama del lodo de desperdicio y después, por destilación, la plata del azogue".[277]

Este método (la "amalgamación por toneles" es una innovación incremental de la etapa de beneficio) sin duda resultó ser uno de los más importantes en su aplicación en el distrito minero de Pachuca-Real del Monte, pues la diferencia respecto del método de patio era que, "la amalgamación se alcanzaba en sólo 24 horas mientras que por patio requería hasta dos meses, por otra parte, se perdía menos azogue y lograba extraerse mayor cantidad de plata. Sin embargo, este procedimiento metalúrgico resultaba más caro que el de patio porque consumía más sal, requería gran cantidad de combustible para la reverberación y una gran fuerza motriz, capaz de mover eficazmente los toneles".[278] En sí, su popularidad de uso se debió a las características físicas de los minerales. Pero bien, aunque esta fue una gran innovación a la metalurgia mexicana, no sobrepasó las expectativas ni los mismos resultados que el método de amalgamación por patio había tenido, este último se perpetuó como el más efectivo a lo largo de la minería novohispana y decimonónica. Por eso es que me enfoco especialmente en los dos siguientes modelos de beneficio: amalgamación por patio y cianuración.

Es justo aquí donde se pone énfasis, en el tipo de "sistema de beneficio". Para este caso: los metales preciosos de la región central de México. En la historia de la minería mexicana se distinguen dos marcadas formas de beneficiar. Uno, la plata, que es sinónimo de amalgamación con azogue. Dos, el cianuro como beneficiador de oro (principalmente). El primero alude a la minería tradicional y el segundo a la moderna; véanse pues las innovaciones suscitadas en este procedimiento.

Antes de exponer ambos métodos (amalgamación y cianuración), se explicará primero el proceso metalúrgico de amalgamación (del cual se ha modelado un esquema, esto con el fin de un análisis más sistémico y dimensionar mejor sus etapas) se hace referencia del esquema básico o más simple encontrado, para no perder la esencia del

[277] Este método variante de la amalgamación, se originó en Hungría por Ignaz von Born en el siglo XVIII, véase obra de: Randall, R. W., 1972, p. 136; extracción del fragmento: John H. Buchan, *Report of the Director, the Real del Monte Mining Company*, México, March 1855, p. 10.
[278] Rina Ortiz Peralta, 1972, p. 75.

proceso más fiel al primordial método. Se presenta el esquema que se conoce al respecto, según Inés Herrera Canales:

> […] se iniciaba con la trituración y el lavado de menas, que se convertían en masas o "tortas" a las que se les incorpora agua, azogue, sal y sulfato de cobre, en ocasiones se agregaban limaduras de hierro y sosa para activar el proceso. Se procedía luego a revolverlas en un patio amplio con suelo de piedra, de ahí el nombre de sistema de patio que se le diera posteriormente. La mezcla de los ingredientes se realizaba haciendo caminar mulas o caballos sobre ellos. Al cabo de un tiempo la plata se separaba de las impurezas y se podía recoger con facilidad.[279]

En otro caso, considerado como un lugar minero de corte tradicional, es el Distrito de Pachuca, en el cual un reporte elaborado por el Instituto Geológico de México, dirigido entonces por José Guadalupe Aguilera en el año de 1897, donde se registró el siguiente procedimiento para la Amalgamación por patio, en las principales haciendas de beneficio del fundo:

> La secuela de las operaciones en el beneficio por amalgamación es la siguiente: 1°-Se pulverizan los minerales; 2°-Se someten á reacciones químicas que hagan pasar la plata á una forma ó combinación tal, que el mercurio pueda precipitarla y disolverla, produciendo la amalgama; 3°-Se separa esta amalgama del exceso de mercurio; 4°-Se destila el mercurio de la amalgama, y 5°-Se funden las barras.[280]

Como puede verse en las dos descripciones anteriores sobre la Amalgamación, no difieren en gran medida sus procedimientos, lo que se innova es tanto las cantidades de reactivos y las técnicas o instrumentos con que se manipula, así como las fuerzas motrices que activas los molinos, que pasan de energía animal a energía por vapor y más tarde, eléctrica con se operó el beneficio de este tradicional esquema. Algo que se debe tener muy en cuenta en la aplicación de los métodos de beneficio, en gran medida se debe a las "características de la piedra mineral determinaban el tipo de tratamiento a que debían ser sometidos".[281]

Para sistematizar y exponer de mejor manera el estudio metalúrgico –con exclusiva atención a la amalgamación por patio y a la cianuración-, se expone con la siguiente

[279] Inés Herrera Canales, "Azogue y plata. Una unión fructífera", *Revista Artes de México. Una visión de la Minería*, núm. 86, México, Octubre 2007, p. 58.
[280] P. C. Sánchez, C. Castro y M. Rangel, "Metalurgia", *El Mineral de Pachuca*, México, Instituto Geológico de México, Oficina Tip. De la Secretaría de Fomento, 1897, p. 157.
[281] Rina Ortiz Peralta, 1991, p. 77.

bifurcación. El proceso de beneficio de metales lo esquematizo en dos fases: *a) separación física;* y *b) separación química*. La primera fase corresponde al momento donde el mineral es seleccionado y triturado sin ser mezclado con algún reactivo químico (la separación física refiere una actividad manual o mecánica no química).

La segunda fase es, cuando en el proceso, al mineral se le agregan las sustancias químicas, ya sea, mercurio, cianuro u otro elemento según el tipo de procedimiento (la separación química refiere una actividad de fusión y a la vez de desprendimiento o disolución, esto promovido por las reacciones químicas, puede valerse de operaciones manuales o mecanizadas). ¿Y qué es lo que genera la separación? Debido a que el mineral extraído de las minas está compuesto de dos materiales: ganga y mena. La ganga es la parte que no contiene valor (sin contenido metálico) y la mena es la parte que contiene valor (contenido metálico).

Entonces la separación física y química tiene el objetivo de hacer esta disociación de lo productivo de lo improductivo. El resultado de las dos fases –física-química- es el beneficio de los minerales tratados (en este caso oro-plata). La diferencia estriba en el sistema aplicado, donde el objetivo es economizar en tiempo y costo, con una mejor calidad y volumen de producción. Para distinguir las particularidades técnicas y tecnológicas entre ambos sistemas, me baso en una división bi-fase del proceso metalúrgico, con el fin de hacer más notorias las innovaciones. La descripción que configuro es a partir de que, el mineral se extrajo de la mina.

Amalgamación por patio: descripción técnica[282]

Infraestructura de beneficio: Hacienda; con un procedimiento: "química-sangre"[283].

[282] Para ilustrar la descripción de este procedimiento, nos basamos en cinco textos que proporcionan los pasos para la refinación con azogue. Ninguna de la investigaciones presenta mayor diferencia en sus descripciones, solo ligeras variaciones conceptuales, sin embargo, buscamos ser lo más objetivos posibles con el fin de plasmar una explicación confiable. Véase en: Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 200; Inés Herrera Canales, Octubre 2007, p. 58; Oriel Gómez Mendoza, "Guanajuato: La reconfiguración espacial en el beneficio argentífero a principios del siglo XX", *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, núm. 43, Morelia, Michoacán, México, Enero-Junio 2006, pp. 78-82; Oriel Gómez Mendoza, 2003, p. 125, en esta obra de Gómez Mendoza, encontramos la estructura ampliada y explicada del aparato de beneficio en hacienda, véanse las páginas 150 a 154; José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 321; María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, 1980, p. 136; Moisés Gámez Rodríguez, 2004, pp. 50-51.

Fase a) separación física:

1) El mineral extraído se recibe en la hacienda de beneficio específicamente en la "galera de selección", aquí es seleccionado manualmente.

2) Primera reducción física, en la "galera de morteros o de molienda". Logrando una molienda (reducción de la mena) denominada: "granceo" donde el mineral se reducía a 8 milímetros -más o menos-, y enseguida se pasaba a la segunda reducción. Los morteros eran cilíndricos y eran movidos por animales.

3) La segunda trituración consistía en lograr pulverizarlo dando como resultado una arena muy fina (semejante en consistencia a la harina). Esto se ejecutaba en la "galera de arrastres" o "morteros de concentración" (primeramente se utilizaron los morteros y molinos o mazos, que eran movidos por fuerza humana y/o caballos o mulas, hidráulica o de vapor según el momento histórico, para ambas reducciones y la innovación que se pudo a ver buscado en el método en general).

4) En seguida viene el lavado, es decir, se le agregaba agua hasta convertirlo en "torta" o "lama" (el resultado era una masa lodosa). Este paso se realizaba en tinas de madera o concreto (popularmente conocido como cemento) ubicados por lo regular en la misma zona de "arrates". Después se trasladaba la "torta" o "lama", por medio de canales (construidos con madera) hacia el patio de la hacienda. Se buscaba evaporar la mayor cantidad de agua. Una vez el mineral en el patio, se colocaba de forma apta para iniciar la incorporación de las sustancias para la amalgamación. Factor que determino el nombre de

[283] Cuando aludimos al término "química-sangre", nos referimos a que la amalgamación mercurio-plata (Química) fue realizada gracias a un procedimiento impulsado por fuerza humana y animal (sangre).

"amalgamación por patio" o "beneficio por patio de hacienda", entre otras denominaciones. Aquí termina la separación física.

Fase b) separación química:

1) La primera sustancia que se le agregaba al lodo, era la sal. Una vez que el mineral se encontraba en el patio iniciaba la actividad química. Se "ensalmoraba" y para lograr mezclarlo se repasaba a veces con los pies de hombres o mayormente con las pesuñas de mulas o caballos. Aquí también es donde se tomaba la muestra para evaluar la ley del mineral, es decir, se realizaba el ensaye.

2) En seguida viene la "amalgamación". Consistía en la mezcla de sulfato de cobre, "mercurio" y magistral (la cantidad de aplicación de estas sustancias dependía del diagnóstico del ensayo). En esta incorporación química, se gesta el binomio: plata-mercurio, es decir, la aleación o amalgama, desprendiendo a su vez lo infructuoso e impuro del mineral.

3) Una vez incorporados los reactivos químicos, se procedía nuevamente a la "trilla" o "repaso" con los pies de hombres o mayormente con las pesuñas de mulas o caballos. Esto para lograr con mayor efectividad la amalgamación (este es el paso más longevo del proceso, debido a que se dejaba en reposo un aproximado de 3 meses, mientras en el día se repasaba).

4) Después de la amalgamación, y la "torta" se encontraba en sazón, se procedía al "lavado". Se trasladaba la "torta" al lavadero, para eliminar las impurezas de la plata amalgamada. Esta etapa se realizaba con un sistema de agua fluido en tinas conectadas entre sí y agitadas con un molino, que era movido por sangre (caballos o mulas).

5) En seguida, se realizaba la "destilación", para quitar el exceso del mercurio. Este paso se realizaba en la azoguería, se exprimía con mangas

de lona y se pasaba a hornos o campanas para lograr la destilación o sublimación del mercurio.

6) Después de desazogar, continuaba la fundición en los hornos para lograr que la plata fuera propicia para ser moldeada. Mientras que el mercurio se concentraba para reutilizarse. Aquí concluye prácticamente el beneficio del metal.

7) Finalmente, fundición de la plata y separación del oro.

Como se puede ver la refinación con el método de amalgamación por patio consta de entre 10 u 11 etapas (puede variar el número de pasos, a menos, o más de 10 etapas). Pues una vez seleccionado y transportado el mineral a la hacienda de beneficio este se pasaba a triturarse en dos operaciones de reducción, en las galeras de morteros, mecanismo que fue innovado en el siglo XIX, al incursionar los molinos chilenos[284]. La innovación no lo hacía muy diferente, en sí el mecanismo era similar al de los morteros o mazos de molienda y pulverización. La fuerza motriz que activa este básico mecanismo estribaba en la fuerza animal, hidráulica, o vapor, que son innovaciones subsecuentes al método original. A continuación se presenta una tabla que proporciona los tiempos y fuerza motriz en el beneficio por Amalgamación:

Tabla 13: *Proceso de Amalgamación: fuerza y tiempo de producción.*

Tipo de trabajo	**Números de mulas**	**Tiempo necesario**
2 molinos chilenos (Granceo)	6	Una semana/ 15 horas diarias
2 molinos de 12 mazos (Granceo)	18	Una semana/ 15 horas diarias
40 arrastres (Molienda)	160	Una semana/ 15 horas diarias
Patio (repaso e incorporadero)	24	Una semana/ 15 horas diarias

[284] Enrique, Canudas Sandobal, 2005, pp. 535-536.

Lavado, apurado y quemado	10	4 días
TOTAL	**218**	

Extracción de: Oriel Gómez Mendoza, 2013, p. 142.

2.3.2. Cianuración: ciencia, tecnología e innovación en el beneficio auro-argentífero

Cianuro: del griego "cianós" que significa azul (se denominaba así obviamente por su color distintivo).[285] Desde la antigüedad la civilización egipcia tenía noción de lo tóxico que resultaban las hiervas de laurel (estas contienen cianuro), si bien, ellos no conocían dicho componente químico, al menos si sabían –al usar dichas plantas- los efectos que ocasionaban.[286] Este podría ser uno de los antecedes más remotos que pude rastrear sobre la historia del cianuro. Ahora bien, el ferrocianuro de hierro (cianuro o "azul prusiano") fue descubierto a principios del siglo XVIII (en 1704) en el entonces Reino de Prusia (ahora Alemania), por Heinrich Diesbach y Johann Conrad Diappel. Fue hasta finales del siglo (1783, en Suecia) cuando se experimentó que, el oro podía ser disuelto por soluciones de cianuro. Este estudio lo realizó el químico sueco Carl Wilhelm Scheele. A raíz de esta aportación química que beneficiaría al ámbito metalúrgico, se intensificó la investigación del tratamiento químico, estipulando un nuevo binomio: "oro-cianuro" –cuestión similar a lo que ocurrió con la aportación de Bartolomé de Medina en el beneficio de la plata, el popular binomio: plata-mercurio-, aunque para el caso del cianuro su acoplamiento y sistema fue más complejo.[287]

Más adelante un científico de origen ruso, referido como Elkington, en 1843 encontró algunas propiedades para el tratamiento de metales preciosos con cianuro. Fue quien logró, primero, la patente para el tratamiento de oro y plata con la solución de

[285] Javier Ortega Morel, 2002, p. 166.
[286] Javier Ortega Morel, 2002, p. 166.
[287] Mark J., Logsdon, Karen, Hagelstein, y Terry I. Mudder, *El Manejo del Cianuro en la Extracción de Oro [The Management of Cyanide in Extraction]*, Ontario, Consejo Internacional De Metales y Medio Ambiente, Trad. Ana María Paonnessa, 2001, p. 10. [En línea] http://www.caem.com.ar/wp-/uploads/El%20Manejo%20del%20cianuro%20(ICMM).pdf [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2013].

cianuro.[288] Casi de inmediato, en 1846 el alemán L. Elsner[289] creó una formula ("Ecuación Elsner"), que también sugiere beneficiar oro mediante este reactivo.[290] En seguida surgieron otras variantes para tratar el oro e incluso la plata, con este mismo elemento que también se patentaron, tales como: J. H. Rae, en 1867 formuló un modelo basado en la cianuración más potasio y corriente eléctrica, en beneficio de los metales precisos; otro fue Jerome W. Simpson, con una variable más compleja, pero más acabada y sistematizada en 1886.[291] Otro caso más progresivo fue en 1887 (el planteamiento de John Stewart McArthur) y 1888 (de los hermanos Robert y William Forrest), donde se establece la ecuación más efectiva –Forrest-McArthur- para la refinación de metales preciosos, que se basaba en la disolución de cianuro y precipitación con el uso de zinc (esto no significa que haya sido la única fórmula utilizada). "El proceso de MacArthur-Forrest se desarrolló en Glasgow, Escocia por John Stewart MacArthur, financiado por los hermanos Robert y el Dr. William Forrest".[292] Este procedimiento de McArthur y los Forrest fue introducido en la minería mexicana en 1983. Para 1889 da inicio una nueva era en la industria minero-metalúrgica a escala global, ya que en dicho año empezó a funcionar la primer planta con el sistema de cianuración en Nueva Zelanda (en la Mina Crown).[293]

"El primero de octubre de 1887, registraron [McArthur y los Forrest] su primera patente inglesa No. 14, 174.Esta cubría la eficiencia del cianuro de potasio como solvente en soluciones de cianuro diluidas. Su segunda patente, registrada en el año siguiente incluía el uso de álcalis, método de utilización de cianuro negro [Ca(CN)2], y el empleo de zinc finamente dividido para precipitar el oro y la plata. En 1889 sus invenciones de extracción y de precipitación se patentaron en los Estados Unidos con patente No. 403, 204. Los

[288] Mark J., Logsdon, Karen, Hagelstein, y Terry I. Mudder, 2001.
[289] Se puede considerar a este científico alemán como importante por su aportación que se produjo a mediados del siglo XIX, con su "Ecuación". Desafortunadamente no he encontrado más datos sobre la vida de este hombre de ciencia, en la búsqueda los artículos o textos sólo refieren sobre la relevancia de su "Ecuación Elsner". L. Elsener presentó (en su Journal Prakchen 1846) dos fórmulas para disolver el oro con base en la cianuración: "4Au + 8NaCN + O2 + 2H2O → 4NaAu(CN)2 + 4NaOH (1); 4Ag + 8 NaCN + O2 + 2H2 O → 4NaAg(CN)2 + 4NaOH (2)"; M.C Gabriela V. Figueroa Mtz., Dr. José Refugio Parga Torres y Dr. Jesús L. Valenzuela García, "Estudio electroquímico de recuperación de oro y plata de soluciones provenientes de un proceso de cianuración a presión", *Revista GEOMIMET*, Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. Año XXXVIII, núm. 299, Septiembre-octubre 2012, p. 24. [En línea]. http://www.geomin.com.mx/index.php?pagcarga=revista
[290] M.C Gabriela V. Figueroa Mtz., Dr. José Refugio Parga Torres y Dr. Jesús L. Valenzuela García, 2012, p. 24.
[291] Oriel Gómez Mendoza, 2013, p.156.
[292] "Cianuración del Oro", *Coast Pink*, [en línea] http://coast.pink/cianuracion-del-oro_1760072.html
[293] Mark J., Logsdon, Karen, Hagelstein, y Terry I. Mudder, 2001, p. 10.

planteamientos originales de Macarthur [*sic*] y Forrest poco se han refutado desde entonces".[294] En los primeros años de la década de 1890, la cianuración era ya un sistema de refinación de metales precisos considerado a nivel mundial. Los primeros países en implementar este método fueron Nueva Zelanda, Australia y África del Sur, al poco tiempo se extendió a Francia, Estados Unidos y México. "La primera aplicación comercial del beneficio de minerales auríferos por cianuración se hizo en julio de 1889 en Karangahake, Nueva Zelanda. Una planta de mayor tamaño se estableció al año siguiente en Sudáfrica, en la proximidad de la mina Robinson en Johannesburgo".[295]

Para el caso de la minería mexicana, la introducción del novedoso sistema basado en cianuro de sodio (NaCN) o potasio, fue a partir de 1893, y su periodo de adaptación se dio entre 1894 y 1908. Una de las primeras minas en adoptar este método (al menos en la región central) se encontraba en el distrito de El Oro (Estado de México).[296] Aunque en el periódico *The Two Republics*[297] de finales del siglo XIX: se puede leer que, en una asamblea de *the Mexican Gold and Silver Recovery Company* celebrada en Londres, se disponía el tema de la introducción del método de cianuración en la minería mexicana, sobre todo en la zona de Sonora, México, ocurrido allá, por ser una región también rica en oro. Además, se exponía la situación carente de la infraestructura y política mexicana por introducir dicho sistema para la explotación.[298] Tal documento expresa el interés por invertir y traer nuevas tecnologías en beneficio de la explotación minera. La innovación en el beneficio con este procedimiento, dio fin a la minería tradicional y al tiempo que inauguraba el inicio de la minería moderna. Todavía para la primera década del siglo XX, *the Mexican Gold and Silver Recovery Company*, será la única concesionaria de la patente de cianuración MacArthur-Forrest en México.[299]

---

[294] Juan Carlos López Trujillo, *Estudio comparativo de la lixiviación alcalina de una mena aurífera mediante el uso de cianuro de potasio contra el uso de tiosulfato de sodio*, Tesis de Ingeniería de Minas y Metalrugia, México, Universidad Autónoma de México, 2013, p. 12.
[295] Javier Ortega Morel, 2010, p. 169.
[296] José Alfredo Uribe Salas, *Empresarios del Metal Amarillo en México 1898-1938*, México, Cuadernos de Historia Empresarial, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Centro de Estudios Históricos Internacionales, Fundación Cultural Vueltabajo A.C., 2003, pp. 48-50; José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 234.
[297] **Agradezco al Dr. Paolo Riguzzi** del Colegio Mexiquense por haberme facilitado dicho documento de forma digital (pdf).
[298] Reporte de condición, "Mexican Gold Recovey", *The Two Republics*, Ciudad de México, Vol. XL, Núm. 26, Miércoles 30 de enero de 1895.
[299] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 157.

Con la adopción de este nuevo sistema, la minería mexicana sepultó poco a poco el método antiquísimo del sevillano Bartolomé de Medina. El proceso de producción minero-metalúrgico ahora, había sido revolucionado, es decir, la innovación en el beneficio con este procedimiento dio fin a la minería tradicional y daba inicio a la minería moderna (en conjunto con la electricidad, ferrocarril, comunicaciones y demás suscitado en el lapso porfirista), ahora sí, con esta aportación de la ciencia química, se construyó un entorno moderno, plagado de artefactos y mejoras tecnológicas, que dieron resultados fructuosos en la producción de metales del México porfirista y años posteriores.

Sin embargo, esto no significó el éxito rotundo del método, sino que en algunos casos había que modificar la fórmula original. Por ejemplo, se tiene que "el proceso de beneficio con cianuro era bastante complicado y tenía muchas variantes según las condiciones topográficas del lugar, la composición del mineral, el agua disponible, etcétera".[300]

Tabla 14: *Proceso químico y costos para beneficiar plata (según Bernard MacDonald, 1904).*

1 superintendente	.100
1 hombre para las cajas y refinería	.56
3 hombres de planta (turnos de 8 horas)	.140
5 chicos ayudantes mexicanos	.050
5 chicos ayudantes para descarga, etc.	.020
3 chicos ayudantes mexicanos en cajas	.010
1 chico mexicano para cuidar polvo	.003
Reparaciones y mantenimiento	.100
2250 libras de polvo al día	.060
14000 libras de cianuro	1.645
Energía, 60 H.P.	.352
Proporción de ensaye	.034
Aceites y grasa	.011
Refinería	.086
Royalty ¿?? [*sic*]	.166
TOTAL (por tonelada)	$2.836

Extracción de: Oriel Gómez Mendoza, 2013, p. 184.

En cuanto a la aplicación del método de cianuración, aunque ya se establecía una fórmula general para beneficiar, me refiero con ello a la Forrest-MacArthur, al menos en

[300] Francisco Javier Meyer Cosío, *La Minería en Guanajuato. Denuncios, minas, y empresas (1892-1913)*, México, El Colegio de Michoacán, Universidad de Guanajuato, 1998, p. 223.

México en la región centro, su aplicación no fue uniforme, pues por las condiciones particulares de topografía se tuvo que adaptar e incluso experimentar. Tal como describe Meyer a continuación:

> Se debe subrayar que, contrariamente a lo que se decía en ese tiempo, la naturaleza del beneficio era básicamente empírica. Se sabía cómo pero no se sabía porqué. Lo común era que a la mena se le sometía a diversos métodos de beneficio o variantes de métodos para ver con cuál se recobraba el porcentaje más alto de metales preciosos. Cuando, según el ensaye, se recobraba menos del 85 por ciento de plata y oro, se modificaba de método. Básicamente el método era uno, el Forrest-MacArthur, que se había usado en 1894 para las minas d oro, especialmente en África del Sur, Australia y América. Las variantes consistían principalmente en el número de baños de cianuro y en la proporción de éste a la mena tratada.[301]

Como se puede distinguir que el arribo del novedoso método no fue homogéneo para su puesta en práctica en México, se tuvo que adaptar. Por lo menos en la obra citada anteriormente de Meyer, se exponen ocho variantes de la fórmula de cianuro, donde la mayoría toman la variación en el momento de mezclar los minerales potenciales con el baño de cianuro y luego en la forma de fusionarlos con las novedosas mesas vibratorias. Lo cual da pie a sugerir la intervención de los entonces técnicos y científicos habidos formados principalmente en las casas de estudio mexicanas, donde se impartían asignaturas a fines. En seguida expongo, el procedimiento por cianuración, en su esquema bi-fase. Que al igual lo hice con el método de Amalgamación, esto con el objetivo de dimensionar mejor las particularidades y amplias diferencias de los métodos.

Cianuración: descripción técnica[302]

Infraestructura de beneficio: Planta; con un procedimiento: "químico-mecánico".[303]

[301] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 123.

[302] Para la descripción de este sistema, se buscó el esquema más común, es decir, la fórmula más acercada al Forrest-MacArthur, ya que encontré variantes del sistema. Diferencias que estriban en la modificación de la ecuación en el procedimiento de la aplicación del cianuro. Cuestión que también se presentó en el beneficio con mercurio, ya que se buscó mejorarlo. Sin embargo, para este análisis nos basamos en la ecuación de la cianuración más esencial, en las minas mexicanas de la época. Basado en las obras de: José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 234-239; Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 224-225; Oriel Gómez Mendoza, 2003, pp. 185-190.

[303] Cuando se alude el término "químico-mecánico", nos referimos a que la disolución del oro en soluciones de cianuro (Química), que fue realizada gracias a un procedimiento impulsado por fuerza eléctrica que, activaba complejos mecanismos (mecánico).

Fase a) separación física

1) Recepción del mineral. Este paso consistía en recibir el mineral, que era transportado de la mina al complejo industrial (planta de cianuración o en su defecto un patio de hacienda). Por lo regular la transportación del mineral, era apoyado por los avances tecnológicos incorporados hasta entonces (en el ocaso del siglo XIX) en la actividad minera. Tales como el ferrocarril y/o la electricidad (tranvías).

2) Primera trituración. El mineral era reducido por una quebradora (tipo Blake), de tal forma que pudiera ser seleccionado manualmente (el volumen de este material era entre 10 a 15 centímetros, aproximadamente).

3) Operación manual. Después de la primera reducción, el material era "pepenado" (es la operación de selección manual también implementada en la amalgamación), con el objetivo de sustraer el tepetate. De esta forma se optimizaba el proceso de beneficio. Esta operación, era la etapa no mecanizada de este sistema.

4) Segunda trituración. El material ya pepenado pasaba nuevamente a una quebradora, ahora la reducción se daba a la mitad del volumen de la anterior molienda. Es decir, la mena se reducía a 5 centímetros en promedio. En esta etapa, se hacía el ensayo para deliberar el nivel de ley de oro y plata en el mineral.

5) Pulverización del mineral. Actividad emprendida en las "Baterías": a) tolvas b) mazos y c) cedazos. La operación consistía en que el material se conducía a las tolvas para que estas a su vez alimentaran los mazos, que harían la pulverización del material, para después pasar a los cedazos

(estructura con ranuras estrechas). Dando automáticamente a la etapa siguiente. Aquí termina la fase de separación física.

Fase b) separación química

1) Clasificación por volumen. Esta etapa consistía en que el material hasta entonces procesado, era descargado en "conos clasificadores", donde se les descargaba agua + cianuro (aquí inicia la actividad química del método por cianuración). Por cuestión física el mineral que flotaba (lama = delgado) pasaba al siguiente paso y el que se hundía (arena = grueso) regresaba a la pulverización.

2) Materia delgada. El mineral delgado o ligero (lamas) se pasaba al siguiente paso ya que por flotación y gravedad se separaba automáticamente dirigido a las mesas vibratorias.

3) Materia gruesa. Mientras que el mineral grueso o pesado (arenas) se regresaba a la dinámica de Baterías para volver a ser remolido.

4) Separación por densidad. Las lamas (materia delgada o ligera) eran descargadas en un mecanismo vibratorio, cuya superficie era estriada. El objetivo era realizar la separación del mineral con mayor cantidad de metales precisos (que era lo más pesado), del mineral con menor riqueza (que era lo más ligero). Por cuestión física el mineral se distribuía, quedando en los extremos de esta estructura estriada. Este mecanismo es denominado "mesas vibratorias (tipo Wilfley)".

5) Concentración. La materia más pesada resultado de la separación por vibración, se descargaba en tanques de "concentración". Esta materia era la que contenía más cantidad de metal precioso.

6) Envases con cianuro de potasio (*CNK*). La materia más ligera se descargaba en envases (tanques) que contenían cianuro. La reacción

química consistía en la disolución de la materia hasta entonces tratada. A esto surgían dos derivados, uno productivo y otro improductivo.

7) Derivado 1: materia inútil. A partir de la reacción química en los tanques de cianuro, surgen los "desechos", es decir, la parte de mineral infructuosa.

8) Derivado 2: materia útil. La reacción química gestada en los tanques de cianuro, también ocasiona la "precipitación". Esta consiste en la separación –en nuestro caso del oro (plata)- del material fructífero que va a ser refinado posteriormente.

9) Constitución metalúrgica. Finalmente los precipitados son fundidos en barras de oro y plata.

Si bien entre el beneficio por Patio y la Cianuración, hubo otros métodos, y que a su vez, se utilizaron simultáneamente –Amalgamación por toneles de madera, Fundición, Lixiviación, Concentración, Flotación etc.-. Los cuales buscaron superar la efectividad del método –en este caso-, de Bartolomé de Medina. Sólo destaco la Amalgamación y la Cianuración ya que son icono de cada periodo histórico minero – según mi hipótesis- de la que la minería se divide en "tradicional y moderna". Los otros métodos no lograron beneficiar oro y plata con tanta simpleza como el de Amalgamación por patio o con la efectividad como el de Cianuración. Cuestión que motivo a hacer este estudio comparado ya que se trata de una innovación radical en el ámbito metalúrgico. Obsérvese que el sistema de cianuración fue una "innovación radical" del proceso de beneficio de metales preciosos. La complejidad industrial y moderna se hizo presente en el escenario de la región central del México porfirista.

Para recapitular y/o concluir con este apartado, debemos tener en cuenta que esta tesis busca plasmar cómo la ciencia y la tecnología produjeron innovaciones elementales para cubrir las "necesidades" emergentes de la actividad minera y que son realmente los agentes que respaldaron el auge minero y económico en el Porfiriato. Véase la siguiente contrastación de métodos en relación a costos y ganancias:

Tabla 15: *Comparación de gastos: Amalgamación contra Cianuración. El caso de The Guanajuato Consolidated Mining And Milling Company.*

Declaración de pérdidas y ganancias Método de amalgamación		**Declaración de pérdidas y ganancias Método de cianuración**		
Costos y Ganancia	Porcentaje	Costos y Ganancia	Porcentaje	Diferencias porcentuales
Costo de las operaciones mineras	22.35%	Costo de las operaciones mineras	22.35%	0%
Costo de las operaciones de beneficio	8.36%	Costo de las operaciones de beneficio	8.36%	0%
Costo de la amalgamación en peroles	18.82%	Costo de la cianuración	14.18%	4.64% más cara la amalgamación
Pérdida en las mesas de separación	28.70%	----------	----------	28.70% pérdida en la amalgamación
Costo y pérdidas en los concentrados	6.65%	Costo y perdidas de los concentrados	6.65%	0%
Impuestos del 9.5% de la barra de amalgamación	3.73%	Impuestos del 9.5% del concentrado plata y oro	3.73%	0%
Ganancia	11.38%	Ganancia	44.73%	33.35% margen de ganancia con la cianuración
TOTAL	100%	TOTAL	100%	

Fuente: Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, pp. 111y113. **(Elaboración propia).**

Nótese la diferencia de cifras porcentuales que presentó en 1905 la GCMMC (no se lograron encontrar los montos de "inversión fija" para cada método, sin embargo, las cifras anotadas sirven para dimensionar las cualidades), puede verse que financieramente la cianuración tenía ventajas a pesar de lo costoso para la adquisición de sus equipos e instalaciones. Cuestión que pudo resolver la empresa con inversión. Como dato agregado, respecto a la tesis de que Guanajuato también se vio beneficiado en la productividad con el nuevo método, se tiene que esta misma empresa poco antes del final del Porfiriato, lograba

utilidades por 150,000[304] dólares anuales, cifra nada fácil de conseguir. Una de las explicaciones que daban los empresarios a dichas ganancias era que con la cianuración se lograba recuperar "el 88 por ciento de la plata y el 92 por ciento de oro; en promedio la efectividad de la cianuración era del 92 por ciento".[305]

La región minera del centro durante el Porfiriato, gozó de los ánimos del gobierno por prosperar económicamente, y por otra parte, la iniciativa privada con sus inversiones, se enfrentaron a problemas físicos serios, estos pudieron ser resueltos con base en la aplicación científica-tecnológica de la época; con ecuaciones que brindaron resultados favorables, como evidencia de ello es la prosperidad económica-minera durante el régimen de Díaz. Y para ser más concluyente con esta hipótesis, en el tercer capítulo establezco las conjeturas al respecto. En esta tesis se denomina este proceso de cambio como "modernización", dicha definición atiende a la resolución de necesidades para la minería mexicana, pues la Segunda Revolución Industrial, los movimientos del sector monetario internacional y las devaluaciones argentíferas pusieron a la minería mexicana en serias dudas de su progreso. Para ello, la iniciativa del gobierno fue promover leyes que dieran pauta a la inversión, pero dicho progreso sólo tuvo éxito con la modernización, es decir, con la conversión de la minería de plata y oro tradicionalista en una minería moderna. A lo largo de este capítulo se analizan los elementos científicos y tecnológicos de mayor impacto que produjeron la evolución minera mexicana, como se vio, estas tuvieron lugar en mayor medida con el Porfiriato, por circunstancias ya explicadas en el primer capítulo.

[304] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p.115.
[305] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 112.

3. REGIÓN CENTRO DE MÉXICO: UN ESTUDIO COMPARADO ENTRE LOS DISTRITOS MINEROS DE PACHUCA-REAL DEL MONTE, GUANAJUATO Y EL ORO-TLALPUJAHUA, A TRAVÉS DE SUS EMPRESAS

El énfasis en la tecnología resultó ser una aportación saludable de la historia humana.
Douglass C. North[306]

Finalmente, en este capítulo se busca dar respuesta a la hipótesis con el contexto histórico, con relación al nuevo esquema de producción mineral (expuesto en el primer capítulo y desarrollado en el segundo con relación específica de la ciencia y la tecnología) suscitado en el proceso de la "fractura estructural" durante el Porfiriato. Para ello se tomaron tres empresas de relevancia, que se establecieron en los distritos mineros de El Oro-Tlalpujahua (*Compañía Minera Las Dos Estrellas*), Guanajuato (*The Guanajuato Reduction and Mines Company*) y Pachuca-Real del Monte (*United States Smelting, Refining and Mining Co*.), respectivamente. Con estas tres compañías como modelos es pertinente demostrar cómo y cuándo, se dieron de facto las inversiones o, mejor dicho las incursiones de ciencia, tecnología e innovación atraídas gracias a las "elecciones" efectuadas por el grupo empresarial que arribó en la época.

Dichos elementos pragmáticos provinieron –en su mayoría- del exterior, no obstante, fue una cuestión interna el adaptar y hacer eficientes las nuevas metodologías de producción, tanto económicas como científicas que vendrían a modernizar la industria minera mexicana. Por lo tanto, en este capítulo se busca enlazar la función científico-tecnológica con las empresariales. Al respecto, Ortiz Villajos dice que "la empresa con mayor capacidad tecnológica es la que es capaz de aplicar a su sistema productivo los conocimientos científicos y técnicos más avanzados del momento; es decir, la que es capaz de situarse más cerca de la frontera tecnológica".[307] En este sentido se toma la noción de Ortiz Villajos para llevar a cabo la contrastación de las empresas en trato, con relación a la innovación científico-tecnológica, para ver cuál llegó más cerca a esa frontera.

---

[306] El estudio del papel de la tecnología como factor limitante del desarrollo, hace que la historia económica proporcione una reinterpretación histórica más completa. North nos explica el papel e importancia de dicha herramienta: Douglass C. North, *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1990, p. 170.

[307] José María Ortiz Villajos, *Tecnología y desarrollo económico en la Historia Contemporánea. Estudio de las patentes registradas en España 1882 y 1935*, España, Oficina Española de Patentes y Marcas, 1999, p. 39.

Pero antes de hablar del impacto generado por la ciencia, la tecnología y la innovación en la minería tradicional mexicana, a través de las empresas, es necesario –en primer lugar-, explicar cómo se abordarán las tres compañías para su análisis, respecto a la región, tanto en términos económicos como sociales. Es decir, desde qué enfoque se observa el estudio, para luego relacionar las empresas con la línea marcada a lo largo de la tesis. En el contexto del Porfiriato, en cuestión gubernamental, se conoce bien la férrea mano del "orden y progreso", que si bien, visto históricamente, esta noción alude a una política centralizada (con propiedades dictatoriales) que versó en ventaja de los grandes inversionistas foráneos y el atesoramiento de la nación, a través de la *Secretaría de Hacienda* pública. Es decir, la política centralizada de Díaz se hizo notar a través de instituciones. Si bien la historiografía de corte oficialista centra la atención en Díaz, no significa que la creación de diversas instituciones no fuera indispensable para el gobierno porfiriano, de hecho, fue loable que a través de hombres de ciencia se gestionaran dichos organismos, claro, esto con una matizada política al estilo de Porfirio Díaz. Por ejemplo, para el caso específico de la actividad minera, se creó a través de la *Secretaría de Fomento*, el *Instituto Geológico de México*, esta última, es una institución elemental de corte científico en asuntos mineros.[308] Pero lo más significativo en su política-económica fueron las legislaciones mineras de 1884 y 1892. Pues en estas se establecieron las "reglas del juego" que las empresas mineras habían de usufructuar. Dichas disposiciones van a reflejarse en el desempeño económico y efecto social; a la vez, las empresas como organismos tendrán un papel preponderante a nivel regional, que de igual manera, influyeron en términos de economía y sociedad.

Para el trato del escenario institucional y de empresas, parece pertinente aplicar el esquema analítico elaborado por el economista norteamericano Douglass C. North, de su obra: *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*.[309] Sin embargo, hay que matizar y delimitar hasta qué punto la lógica de North se inserta con la noción de este estudio –institución y empresa en el desempeño económico del Porfiriato-. En primer lugar,

[308] << El Instituto de Geología (IGl) surge del Instituto Geológico de México, originalmente fundado durante el Porfiriato. El 26 de mayo de 1886, el Presidente Porfirio Díaz, presenta una iniciativa de ley para la creación del Instituto Geológico de México. En 1888 el Congreso de la Unión decretó la creación del Instituto Geológico Nacional, dependiente de la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria.>> En: http://www.geologia.unam.mx/contenido/historia-instituto-de-geologia

[309] Douglass C. North, 1990.

el hecho de tomar este trabajo teórico como visión, no significa que se toma "como tal" el modelo en su conjunto. Es decir, sólo se abstrae lo que se considera loable aplicar, con el objetivo de plantear y formular un enfoque original. Dicho modelo de análisis, se configura para el estudio empresarial mexicano, como paráfrasis parcial del modelo institucional en el desempeño económico.

Partamos de que el autor incorpora a su tesis la importancia del papel de las instituciones, organizaciones (y organismos), que, como él define: "Las instituciones son las reglas del juego en una sociedad o, más formalmente, son las limitaciones ideadas por el hombre que dan forma a la interacción humana".[310] Y por tanto, con base en esta conceptualización de la institución, se inserta parte del modelo de Douglass en el análisis de la dinámica y estructura empresarial porfiriana, así pues, como se destacó anteriormente –según North- la funcionalidad de una institución es regular la conducta humana e ingerir en la racionalidad de toma de decisiones (hipotéticamente). Empero, North con este estudio se refiere (a las instituciones gubernamentales) en concreto a las extensiones reglamentarias del Estado, sin embargo, también alude a las organizaciones u organismos como moderadores de la conducta humana. Es aquí donde se busca insertar la noción conceptual de la empresa, para hacer viable la aplicación parcial teórica de North.

Douglass North advierte que "Una distinción capital en este estudio se ocupa de las instituciones y organizaciones u organismos. Al igual que las instituciones, los organismos proporcionan una estructura a la interacción humana".[311] La diferencia conceptual entre institución y organismo a la que refiere North, reside en las "reglas" que definen el movimiento humano. Entonces ¿en qué categoría o nivel conceptual cabe ponderar a la empresa, respecto a la noción de North? Para amalgamar dichas concepciones es imprescindible definir el concepto de empresa. ¿Qué es una empresa?

> La empresa es la célula del sistema económico capitalista, es la unidad de producción, representa un tipo de organización económica que se dedica a cualquiera de las actividades económicas fundamentales en alguna de las ramas productivas de los sectores económicos.[312]

[310] Douglass C. North, 1990, p. 13.
[311] Douglass C. North, 1990, p. 15.
[312] José Silvestre Méndez Morales *et al*., *Dinámica social de las organizaciones*, México, McGraw-Interamericana, 3ª. ed., 1993, p. 164.

Bajo este parámetro se sustenta que una "empresa" es un "organismo u organización económica", que si bien se enfatiza en la finalidad económica, no desiste de ser una organización con influencia social. Luego, North señala que "Los organismos incluyen […] cuerpos económicos (empresas, sindicatos, ranchos familiares, cooperativas) […] Son grupos de individuos enlazados por alguna identidad común hacia ciertos objetivos".[313] Pero en otra conjetura, más loable en relación a la pretensión requerida, se apunta: "el enfoque de este estudio [de North] recae en las organizaciones como entidades, ideadas por sus creadores con el propósito de maximizar la riqueza, el ingreso, u otros objetivos definidos por las oportunidades que brinda la estructura institucional de la sociedad".[314] Con dicha concepción se puede matizar la idea respecto a que el modelo institucional en el desempeño económico propuesto por North, puede ser lógico para el tratado empresarial (minero) porfiriano. Ya que también generan una influencia en la conducta humana y son agentes que influyen en la dinámica económica. En una visión más amplia sobre la definición de la empresa, Alain Touraine arguye que:

> […] la empresa no es únicamente una organización, es también un sistema de decisión que a su vez, después del predominio de la ejecución y la organización, se racionaliza al mismo tiempo que politiza. La empresa es al mismo tiempo un elemento de poder, y en consecuencia de conflictos sociales que desbordan ampliamente por el simple hecho de que el progreso económico no está ya vagamente determinado por la acumulación y la organización del trabajo asalariado, sino también y de forma progresiva por la investigación científica y técnica, la formación y la reorientación profesionales, la movilidad de las informaciones y los factores de producción, las capacidades de acción prospectiva, etc.[315]

Vemos aquí una noción más completa sobre lo que es una empresa, y a la vez, con dicha definición se ratifica la hipótesis respecto a la compatibilidad de la idea de organismo según North. Se tiene ya un parámetro bien marcado, sobre la "empresa" como una "organización"; ahora véase cómo ésta influye en la "interacción humana" y/o en la "toma de decisiones", ideas claves que desarrolla North como reflejo del marco institucional. ¿Cómo una empresa influye en la toma de decisiones y/o en la interacción humana? Según José Silvestre Méndez *et al*., la empresa produce un "modelo de racionalidad económica" en el que se consideran todos los aspectos para tomar decisiones. Con base en este modelo,

[313] Douglass C. North, 1990, p. 15.
[314] Douglass C. North, 1990, p. 99.
[315] Alain Touraine, *La sociedad post-industrial*, Barcelona, Ariel, 3ª. ed., 1973, pp. 169 y 171.

esquematizan a la empresa como una "Unidad Económica" que se rige por: objetivos, prioridades, evaluación, competencia, beneficio, mercado e investigación y desarrollo, aspectos que culminan y determinan la "toma de decisiones" y, por lo tanto, dicha "Unidad Económica o de producción" (empresa) infiere en la conducta humana y económica.[316]

En esta senda, se pueden evocar algunas de las características y tareas globales de las empresas, elementos clave para consolidar el planteamiento de la inferencia en la conducta humana:

> […] Combinar los factores de producción a través de los procesos de trabajo, las relaciones técnicas y las relaciones sociales de producción, mediante la habilidad empresarial […] Planear sus actividades de acuerdo con los objetivos que desean alcanzar; es decir, tomar sus decisiones en forma racional […] Ser una organización social muy importante en el proceso de crecimiento y desarrollo económico y social […][317]

Consecutivamente, se debe considerar que la noción de empresa puede matizarse aún más, puesto que contamos con la categorización de dichas organizaciones. Véase la siguiente tabla:

Tabla 16: *Clasificación empresarial.*

Criterio	**Tipos de empresas**
Tamaño	Pequeñas Medianas Grandes
Actividad	Del Sector primario Industriales De servicios
Ámbito	Locales Provinciales Nacionales Multinacionales
Forma jurídica	Individual Social

Extracción: Eduardo Pérez Gorostegui, *Introducción a la economía de la empresa*, España, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, 2005, p. 7.

La tabla de arriba sugiera la relevancia y complejidad que puede contener el esquema organizacional de una empresa, y que como organización económica y social, en ese sentido, puede fungir a la luz de la teoría de la organización planteada por North. Pues según su modelo analítico, las empresas son parte de ese marco institucional, y que se

[316] José Silvestre Méndez Morales *et al*., 1993, p. 166.
[317] José Silvestre Méndez Morales *et al*., 1993, p. 164.

podría decir analógicamente que: funcionan cual mapa para guiar a un explorador, el cual pretende encontrar un tesoro.

Después de asentar la concepción de empresa, se continúa rápidamente en cómo se puede hacer la amalgama entre empresa y la concepción de Douglass North. En este entendido, una empresa toma el "cuerpo de un organismo" que se constituye así mismo, por políticas internas (marco normativo), personas, capital, metas en común, etcétera, lo cual se supone va con una sola dirección: el éxito económico. Si bien la empresa no surge como nace una institución gubernamental, se puede decir, que funcionalmente hablando, dentro de su campo de acción influye en el ritmo y comportamiento social, y que en sus "reglas de juego", uno de sus objetivos es reducir la incertidumbre y proporcionar estructura económica (estabilidad) a sus negociaciones. Función que también realiza una institución, empero, ésta última lo puede hacer de forma más influyente y centralizada (adosada al Estado). Se toma la noción de North, en el sentido de que así como una institución gubernamental influye en el desenvolviendo humano, así mismo, la empresa –a su manera- impregna ciertas moderaciones económicas en una región, por lo tanto, ingieren en lo social.

Si se analiza el desempeño de las compañías que arribaron en los últimos años del siglo XIX e inicios del siglo XX, puede verse cómo dichas instituciones van a imprimir un nuevo ritmo a la economía regional, y la vez nacional, asimismo van a propiciar innovación en el capital humano, en el campo operativo de cada compañía erigida en dicha época que provenían sobre todo del exterior de la República Mexicana. Rememoremos pues, que anteriormente (en la mayor parte del siglo XIX) se tienen empresas más modestas o con carencia estructural, que daban pauta a una explotación de recursos naturales y humanos de forma menos metódica, por tanto deficiente, hechos que se acumularon y se adhirieron a la minería tradicional mexicana. Esto se puede explicar con base a lo que North explica y crítica de la teoría neoclásica en aplicación a la Historia Económica; pues estos estudios ponderan que "los frenos y limitaciones" se deben a las elecciones de los hombres, sin embargo, North sostiene que "los frenos no fueron impuestos por las limitaciones de la organización humana, sino únicamente en cuanto a los de tecnología e ingresos".[318]

[318] Douglass C. North, 1990, p. 169.

Dicha tesis es congruente con la Hipótesis planteada para este estudio, pues de hecho, las empresas decimonónicas (sobre todo las inglesas que invirtieron en los primeros años de vida independiente) no lograron sostenerse. "En la primera experiencia inglesa (1825-1840) y los años de finales del siglo, las labores de las minas quedaron a merced de pequeños mineros y buscones, quienes explotaron éstas de modo irracional, pues buscaban la ganancia inmediata, aunque quedaran inhabilitadas para una producción posterior […] La falta de recursos financieros obstaculizó reiteradamente la modernización de los procesos de extracción y beneficio".[319] Incluso, las que llegaron al fin de siglo y principios del siglo XX, tal es el caso de la *Casa Rul* y la *Real del Monte y Pachuca*, empresas familiares que se vieron frenadas por cuestiones tecnológicas y de economía.[320]

¿Qué relación tiene la cuestión empresarial con los factores de ciencia y tecnología o modernización minera? Se puede decir que bastante. "La nueva tecnología [del Porfiriato], la división del trabajo y la organización sistemática de las labores extractivas aumentaron la productividad".[321] Si regresamos al concepto de institución (o empresa, visto como un organismo económico) de North, y citándolo nuevamente: "Las instituciones reducen la incertidumbre por el hecho de que proporcionan una estructura a la vida diaria";[322] tomándolo como una idea tanto social y económica, entonces se deduce que una compañía con mala organización tendrá un resultado en su proceso de producción poco benéfico para el negocio (desempeño económico interrumpido), tanto inversionistas como trabajadores se verían en problemas comunicativos e informativos. Pues las "instituciones existen y reducen las incertidumbres propias de la interacción humana. Estas incertidumbres surgen como consecuencia de la complejidad de los problemas que deben resolverse y de los programas de solución de problemas […] poseídos por el individuo".[323]

---

[319] José Alfredo Uribe Salas, *Historia económica y social de la Compañía y Cooperativa Minera "Las Dos Estrellas", en el Oro y Tlalpujahua, 1898-1959*, México, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC-España), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2010, p. 107.
[320] Oriel Gómez Mendoza, *De empresa familiar a trasnacional minera. Guanajuato. Principios del Siglo XX*, Morelia, Michoacán, México, Facultad de Historia, Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2007, pp. 65-67; Rina Ortiz Peralta, "El beneficio de minerales en el siglo XIX: El caso de la Compañía de Real del Monte y Pachuca", *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, Morelia, Michoacán, México, Instituto de Investigaciones Históricas-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, núm. 14, Julio-diciembre, 1991, pp. 72-73.
[321] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 221.
[322] Douglass C. North, 1990, p. 14.
[323] Douglass C. North, 1990, p. 41.

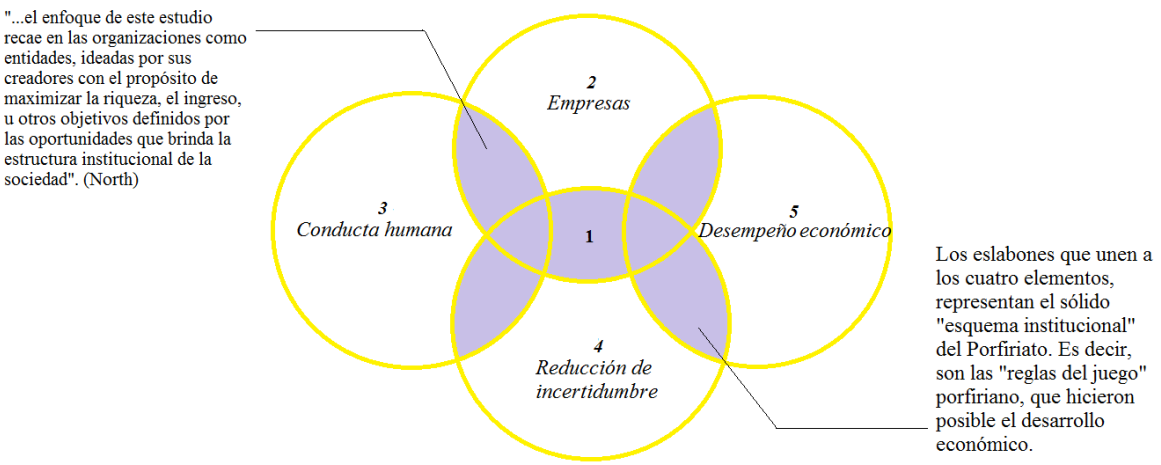
Tales problemas son reflejo de la mente individual, que a su vez, configuran la mente colectiva, en este escenario de "incertidumbres" es que las instituciones y/o las organizaciones proporcionan limitantes (reglas) para "reducir" esa complejidad. Entonces, ¿la empresa coadyuva en este proceso normativo conductual? O ¿qué función tiene dentro del gran esquema institucional? La respuestas que se pueden asentar son –tomando como marco de referencia histórica, el Porfiriato- la inestabilidad política, social y económica que se heredó al régimen de Díaz, lleva implícito un cúmulo de problemas.

Esa complejidad va a generar una inestabilidad conductual a nivel colectivo, por lo tanto, una nación con constante crisis. Luego, con el paulatino fortalecimiento del régimen porfirista, se tiene que a través de ciertas instituciones, van a configurar un nuevo campo de "interacción humana". Es decir, se finca un escenario de "reglas" aptas para la incursión empresarial (independientemente de los resultados nocivos como la represión y desigualdad social), en este sentido, las empresas van imprimir un nuevo esquema económico regional, que inevitablemente va influir en el individuo.

Ya que una empresa –vista como organismo en términos de North- es moderada tanto por reglas institucionales externas (Secretaría de Estado, Secretaría de Fomento, Congreso: legislaciones, etc.) como por internas (políticas y gobierno de la empresa). Si hay una conjunción de ambos cuerpos organizacionales, el desempeño económico puede ser más factible, ya que el Estado proporciona "reducción de incertidumbre" y, a la vez, la empresa proporciona solides al Estado, en términos de desarrollo económico. Digamos que se establece un juego dicotómico que da forma a las limitantes e interacciones humanas, algo que en el Porfiriato, se estableció de forma férrea (independientemente de las formas de cómo se centralizó la política en el Ejecutivo), la estructura institucional o de gobernación eran campo fértil para la inversión extranjera.

En el siguiente esquema se exponen los conceptos que se abstraen de North, para aplicarlos al estudio en cuestión, en el marco de análisis instituciones (Estado) y organismos (empresas), con relación al desempeño económico de la minería experimentado en el Porfiriato:

Esquema 2: *Nociones conceptuales de North en la vida económica porfiriana.*



Diseño y adaptación propia: basado en las ideas de instituciones y desempeño económico de North.

Con el esquema anterior se intenta matizar de forma más concreta, en qué medida se adhiere la hipótesis planteada con relación a la teoría de North. Se plantea que el centralismo porfiriano una vez establecido, reconfiguró la dinámica y ajusto el aparato de gobierno, esto forjó una "estructura reglamentaria" rígida, digamos que en términos de North, se traduce como un marco institucional que modula el comportamiento social y económico desde el ceno de lo político. Esto se simboliza con los eslabones (cuerpos institucionales y sus reglas) que unen, limitan y moderan los elementos en cuestión. A partir de este contexto, se esquematiza el movimiento socio-económico porfiriano de la siguiente manera: 1) *Régimen e instituciones*, representa la centralidad política de Díaz, que operó a través de las instituciones y el campo reglamentario que dio pauta a legislaciones en: colonización, minería, comercio e inversión extranjera;[324] 2) *Empresas*, comprendidas como un organismo u organización, que al igual que una institución influye en la dinámica socio-económica, empero, también, estas son reguladas por las reglas del Estado. Además las cualidades de las empresas surgidas a partir de la segunda mitad del régimen de Díaz, van a tener connotaciones organizacionales bien definidas; 3) *Conducta humana*, en los supuestos conductuales que se pueden explicar en torno al Porfiriato, con limitación a la

[324] Cuauhtémoc Velasco Ávila, Eduardo Flores Clair, Alma Laura Parra Campos y Edgar Omar, Gutiérrez López, *Estado y Minería en México (1767-1910)*, México, FCE/Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión de Fomento Minero, Fondo de Cultura Económica, 1988, pp. 318-333; Enrique Krauze, Fausto Zerón Medina, *El Poder. Porfirio*, México, Clío, 1993, p. 49.

minería, se puede decir, infiere que un sólido marco institucional y organizacional, puede generar influencia en el razonamiento de las elecciones humanas. Esto con relación a las negociaciones y que son vitales para realizar operaciones exitosas, de lo cual, se deriva el tercer elemento del esquema; 4) *Reducción de incertidumbre*, aunque North lo pinta con matices sociológicos, se infiere que su reflejo será en el escenario de la interacción humana y los negocios. En el contexto de las negociaciones, se ancla al anterior elemento referido, lo cual, recae en la "toma de decisiones" en el sentido de proliferar la riqueza (tarea tanto de las organizaciones gubernamentales como las empresariales). Así el terreno se vuelve fértil para que las inversiones germinen y la prosperidad empresarial tenga dividendos; 5) *Desempeño económico*, la férrea política de Díaz logró configurar una economía sólida, gracias a que las reglas del juego –al menos para la actividad minera- fueron loables para el auge, hecho que se reflejó con la bonanza económica tanto del gobierno como de las nuevas empresas mineras. Uno de los ejemplos que se puede plasmar como una bonanza de este esquema planteado fue que "obtuvo, en 1895, el primero superávit de la historia independiente, abolió las alcabalas coloniales, introdujo en 1897 una nueva legislación bancaria […] Hacia fines del siglo XIX, el milagro financiero era una realidad: los mercados internacionales se disputaban el papel mexicano y nuestra plata circulaba como moneda dura".[325] De esta forma es como perfilan las nociones conceptuales de North, en aplicación modeladora del estudio empresarial minero y su contexto reglamentario.

Y como efecto de lo anterior, se debe tener en cuenta que las compañías van a dar ritmo económico a las localidades o región en que se encuentran establecidas, si las empresas no tenían buena organización operativa (tanto su esquema organizacional, así como las decisiones tomadas en termino de ciencia y tecnología), lógicamente, la actividad productiva y utilidades no serían buenas. Ahora bien, ¿por qué se inserta aquí el concepto de North? Para el contexto histórico del Porfiriato –como se ha visto a lo largo de la tesis- se han concentrado múltiples factores, entre tanto, una es la nueva organización empresarial, las capacidades y cualidades de estas "células capitalistas". "El surgimiento de la empresa moderna en la minería mexicana hubiera sido imposible sin un cambio cualitativo en la organización y la administración de la empresa, lo que le permitió una estabilidad y un desarrollo a largo plazo, y cuya nueva fisonomía orgánica representó un

[325] Enrique Krauze, Fausto Zerón Medina, 1993, p. 49.

formidable instrumento de planificación de los recursos financieros y productivos en tiempos de la revolución y durante los bruscos altibajos en los mercados internacionales".[326]

Esta tendencia empresarial surgida en el marco del Porfiriato, es otro de los motores que coadyuvaron en la "ruptura estructural" de la minería tradicional, pues la rigidez de los nuevos emporios van ayudar en la promoción de una minería de corte moderno. La nueva ola de compañías desarrollada en la segunda mitad del siglo XIX, renovó en México la forma de hacer negocios, de explorar, explotar, economizar y maximizar su producción y por tanto sus utilidades, cualquiera que fuese su giro, bien o servicio. Un ejemplo de ello es el que nos expone Gómez Mendoza[327]; donde discute cómo el tradicional negocio minero de la *Casa Rul* declinó, precisamente por una no bien definida línea de accionar de la familia minera (claro, hay que contemplar el numeroso cúmulo factores que orillaron a la decadencia del negocio minero, entre baja del valor de la plata, el empobrecimiento de la ley en las vetas, etcétera) ante las variables independientes ocurridas y que afectaron su empresa. Gómez Mendoza explica cómo viene el empresario –para este caso- norteamericano (que formó *The Guanajuato Reduction and Mines Company*) con un revolucionado modo de operación, y por supuesto, capital. En esta dicotomía: negocio familiar-tradicional y empresa-modernidad, se puede distinguir la diferencia de la marcada organización empresarial. Se puede notar que uno de los puntos medulares para el progreso de una compañía, recae en gran parte en la toma de decisiones y visión de los empresarios, a pesar del sinuoso estado económico de la misma, en situaciones de inestabilidad económica externa. Y con relación a la hipótesis central: ciencia, tecnología e innovación son los artífices del éxito de las inversiones y las medidas (reglas) optadas por el gobierno de Díaz, esto se traduce en lo que North define como "elecciones", y a la vez, las limitaciones del desempeño económico dependerá concretamente de la tecnología y la inversión.

Otro ejemplo que se puede exponer con relación a los cuatro conceptos abstraídos de North, es el de la empresa minera *Las Dos Estrellas*, en el Oro-Tlalpujahua. Con el caso

[326] José Alfredo Uribe Salas, *Empresarios del metal amarillo en México 1898-1938*, México, Casa Abierta al Tiempo, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Centro de Estudios Internacionales, Fundación Cultural Vueltabajo, 2003, p. 30.
[327] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 48-65.

del empresario francés Fournier, y que Uribe Salas lo refiere así: "Francisco J. Fournier, su promotor principal [de Las Dos Estrellas] y mayor accionista, dejó notar sus dotes para organizar y dirigir la marcha de la compañía minera".[328] Por lo que dice la historia de él, hizo de esta empresa a una estrecha distancia de la frontera tecnológica de la época, a un nivel para competir con las del orbe entero. Recordemos pues, que si las compañías imprimen el ritmo a la región o localidad en que se encuentran, también al interior de la firma pueden limitar o maximizar el potencial del negocio con tan sólo una decisión. Por eso es importante dejar en claro que el accionar interno en una empresa es el que se va a expresar en su entorno inmediato. Esto sugiere por tanto, que el modelo de North invita a manejar el estudio de la compañía organización) de forma más completa, desde el ámbito externo (con la economía nacional e internacional).

Dicho lo anterior, se plantea la siguiente pregunta ¿por qué darle un enfoque a la historia minera mexicana (en específico de la región centro) desde la óptica de la historia de la Ciencia y la Tecnología, además de Económico? Y a la vez intento dar respuesta inmediata. La historia de la Ciencia y de la Tecnología ha sido -como dije anteriormente- una línea de investigación aun limitada en la historiografía mexicana. También resulta moderada si lo hablamos en el terreno de la actividad minera. Como sabemos la historia de la minería en México es uno de los campos más estudiados (por evidente razón… la importancia que representa económicamente), el testimonio historiográfico expone que es desde la historia económica donde se ha explorado en mayor amplitud.[329]

Es bien conocido que "la industria minera ha sido parte esencial de la estructura económica nacional y ha jugado papel de causa en los destinos nacionales".[330] Por lo tanto, la referencia histórica en términos de economía es importante, por lo tanto, hay que dimensionar las grandes aportaciones de la ciencia y la tecnología a la proliferación económica, y para ello, se requieren estudios sobre la línea de la Historia de la Ciencia y la Tecnología. Ya que nuestra nación no sólo se consolidó con cuestiones políticas y

[328] José Alfredo Uribe Salas, 2003, p. 27.
[329] Véase por ejemplo: José Alfredo Uribe Salas, "Bibliografía mínima sobre la minería en México", *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, Morelia, Michoacán, México, Instituto de Investigaciones Históricas-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, núm. 15, Enero-Junio 1992, pp. 98-103; Inés Herrera Canales, "Historiografía minera mexicana del siglo XX: los primeros pasos", *Revista de la Dirección de Estudios Históricos del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, núm. 39, México, D.F., Octubre 1997-Marzo 1998, pp. 95-102.
[330] Enrique Canudas Sandoval, *Las venas de plata en la Historia de México. Síntesis de Historia Económica. Siglo XIX*, México, Editorial Utopía, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005, p. 142.

económicas, sino también con el aporte científico y, que es valioso rescatar y reconocer en los libros de Historia de México.

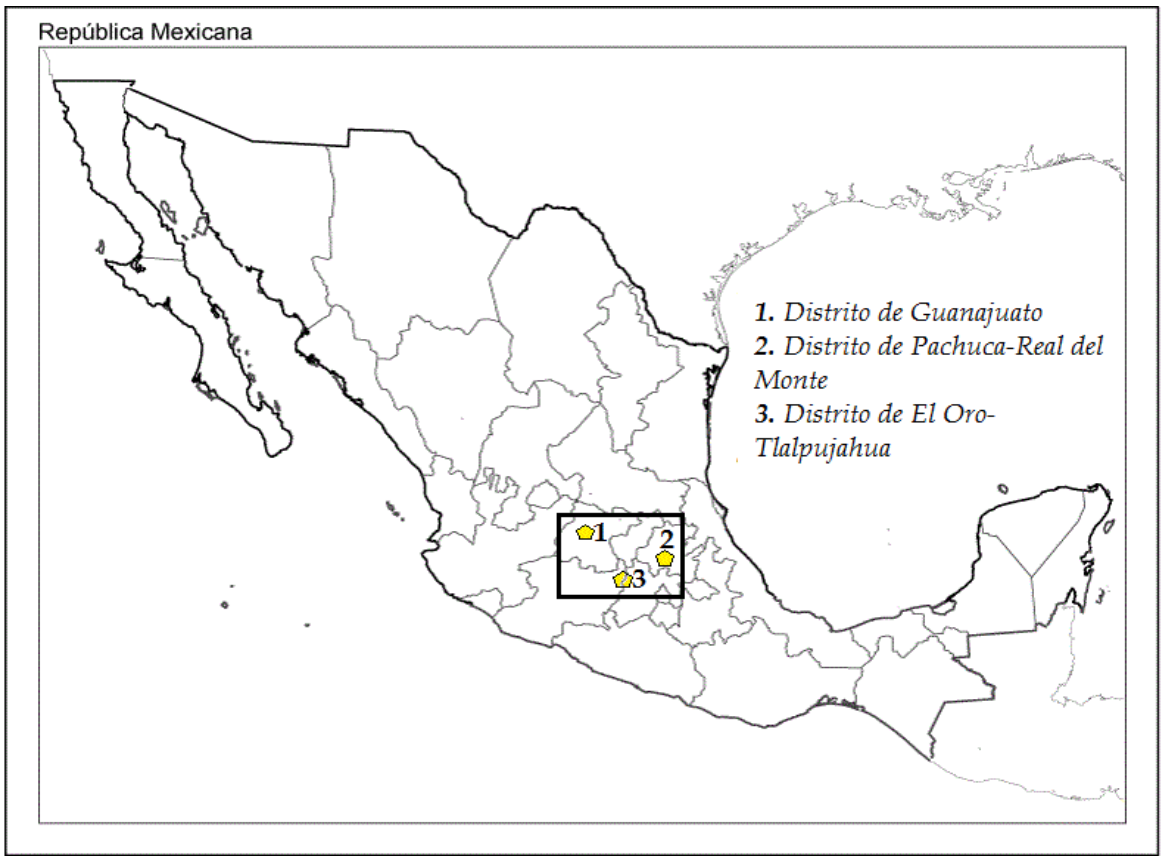
Para dar desarrollo a este último capítulo, es necesario que se enuncien las siguientes interrogantes: ¿De las empresas en cuestión, cuál realizó mejor la adaptación de ciencia, tecnología e innovación (fuerza motriz por sangre, vapor, hidráulica, eléctrica; locomoción de sangre por vapor; métodos de beneficio: azogue, fuego, cianuro y otros)? ¿Qué resultados obtuvieron las empresas al realizar dichas incursiones, en materia de producción y productividad? ¿Se reflejó el equipamiento nuevo de las empresas en su producción? ¿Fueron la ciencia, la tecnología y la innovación elementos contundentes en la fractura estructural y la vez propiciar una nueva etapa histórica para la minería nacional? ¿Realmente se puede considerar un progreso para la superación de la región centro de México, el hecho de que se erigieron enormes empresas para la explotación mineral? ¿Hubo como tal, beneficios para las poblaciones mineras en que se enclavan las compañías en estudio?

3.1. Región central: la importancia minera de los distritos de Pachuca-Real del Monte, Guanajuato y El Oro-Tlalpujahua

La zona productora de plata y oro, histórica y geológicamente se encuentra en la región centro de México. "Como las de Guanajuato y Real del Monte y Pachuca, la región de El Oro y Tlalpujahua –localizada en la división fisiográfica del Eje Neovolcánico de México- se caracterizó por ser eminentemente minera".[331] Los distritos mineros en estudio son: 1) Pachuca-Real del Monte; 2) Guanajuato; y 3) El Oro-Tlalpujahua. Estos se localizan en la región centro de México, y figuran entre los centros mineros de mayor importancia en producción de oro y plata desde la época colonial.[332]

[331] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 99.
[332] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 142.

Mapa 4: *Localización geográfica de los Distritos Mineros (región centro).*



Adaptación propia.

El distrito Minero de Pachuca-Real del Monte se localiza en la orientación noreste respecto de la Ciudad de México, y dista de esta, una distancia que oscila entre los 88 y 110 km; asentado en la Sierra de Pachuca (con una altitud de 2,438 m snm).[333] Y en términos diferidos, entre Pachuca y el Real del Monte: "el Real se halla unos 320 metros más alto que Pachuca y 500 más que la ciudad de México".[334] La minería de este distrito -como actividad económica novohispana-, tiene su origen a mediados del siglo XVI, entre los años de 1551 (según Enrique Canudas)[335] y 1552 (según Inés Herrera y Rina Ortiz), algunos

[333] Javier Ortega Morel, *Minería y tecnología: la compañía norteamericana de Real del Monte y Pachuca, 1906 a 1947*, Tesis doctoral, México, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras/UNAM, 2010, pp. 15-16.
[334] Robert W. Randall, *Real del Monte: Una empresa minera británica en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 1972, p. 19.
[335] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 185.

historiadores le dan a Alonso Rodríguez Salgado[336] el reconocimiento de haber encontrado minerales en "los cerros de la Magdalena y San Cristobal, lo cual dio origen a los cuatro principales asientos mineros del siglo XVI en esta zona: Real de Tlaulilpa, Real del Monte, Real de Arriba y Atotonilco".[337] Aunado a este hallazgo de yacimientos minerales, tenemos que el despegue de la minería de este Distrito, se da a partir "del descubrimiento del procedimiento de patio para el beneficio del mineral por amalgamación, que hizo Bartolomé de Medina en 1555, las actividades mineras se desarrollaron con rapidez".[338]

Este último referente histórico hizo del Distrito Minero de Pachuca-Real del Monte un sitio icónico para la minería mexicana. Por todo lo que implicó desde su cercanía con la Ciudad de México y el Golfo de México, su localización céntrica y, su riqueza mineral lo convirtió en uno de los centros más tradicionalista de la historia minera mexicana. Sin embargo, el desarrollo minero en este sitio implicó como en todas partes, un crecimiento de la producción mineral (plata y oro) de forma aleatoria, es decir, con altibajos. Fenómeno arraigado a varios factores, por ejemplo, en el siglo XVII se enfrascó su producción a falta de mano de obra y abastecimiento de mercurio, entre otras sugestiones. Sin embargo, en la primera mitad del siglo XVIII el panorama fue más positivo para el Distrito.[339] Ya para el ocaso del mismo siglo, la estimación de la utilidad sufrió una baja, ya que entre "1785 y 1789 ingresaron a las cajas reales de Pachuca 455 mil marcos que representaban apenas el 4.6% de la producción nacional, frente al 25.3% aportado por Guanajuato en el mismo periodo".[340] Estas últimas cifras no terminan de definir o describir la importancia del Distrito de Pachuca-Real del Monte, pues su aportación y alumbramiento científico en el beneficio de patio por azogue, fue en gran medida lo que marcó a este centro como un referente tradicional de la minería mexicana.

Mientras que a 360 kilómetros de la Ciudad de México se sitúa el Distrito Minero de Guanajuato, con orientación noroeste (respecto de la capital mexicana). Ubicado entre

[336] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, "La Minería en Hidalgo. De la Colonia al siglo XX", José Alfredo Uribe Salas (Coordinador), *Recuento histórico bibliográfico de la minería en la región central de México*, México Instituto de Investigaciones Históricas/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1994, p. 21.
[337] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 21.
[338] Robert W. Randall, 1972, p. 20.
[339] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, pp. 23-27.
[340] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 28.

las coordenadas: 21°05´y 21°00´de latitud Norte y 101°10´de longitud Oeste.[341] Su sinuosa topografía está a una "altura de 2,800 m snm en la Sierra de Guanajuato a 1, 900 m snm, 15 km al SW en el valle donde comienza el Bajío y se encuentra el acuífero local".[342] Guanajuato perteneció al Obispado de Michoacán desde el asentamiento político virreinal que se ordenó como la Nueva España, hasta 1785 fue que se separó del Obispado michoacano.[343] La actividad minera de explotación española como tal, se emprendió "A partir de la construcción de cuatro fortines: Marfil, Tepetlalpan, Santa Ana y El Cuarto, -ese último se convertiría después en el núcleo de la ciudad de Guanajuato-, se fueron abriendo a la explotación minas sobre la Veta Madre como Mellado y Rayas, descubiertas, junto con otros afloramientos minerales, durante la segunda mitad del XVI".[344]

Y según Enrique Canudas refiere que la producción minera en Guanajuato parte de entre 1546 y 1548.[345] De forma paulatina el Distrito Minero de Guanajuato fue consolidándose en la época colonial, esto debido a la riqueza de sus yacimientos. "Guanajuato se constituyó en el principal productor de plata del virreinato, dejando atrás a las otras regiones. Al finalizar el siglo [XVIII], entre 1785 y 1789 Guanajuato había redituado 2 millones 469 mil marcos de plata de un total de 9 millones 730 mil que conformaban la producción del virreinato".[346] Estas referencias al igual que las del Distrito de Pachuca-Real del Monte, hubo de forma similar varios elementos que hicieron de Guanajuato, otro de los centros mineros de mayor relevancia para la corona española, por lo tanto, se consolidó como uno de los tradicionales. Además de que también está adosado en la región central de México y cercano a la capital novohispana.

En otra latitud, el Distrito Minero de El Oro-Tlalpujahua se sitúa –fisiográficamente- en la división del Eje Neovolcánico de México.[347] Y también es necesario decir que, "Los centros mineros de Tlalpujahua y El Oro han pertenecido a lo

[341] Yann René Ramos Arroyo, Rosa María Prol Ledesma y Christina Siebe Grabach, "Características geológicas y mineralógicas e historia de extracción del Distrito de Guanajuato, México. Posibles escenarios geoquímicos para los residuos mineros", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 21, núm. 2, 2004, p. 271.
[342] Yann René Ramos Arroyo, Rosa María Prol Ledesma y Christina Siebe Grabach, 2004, p. 271.
[343] Alma Parra, "Apuntes para la Historia Minera de Guanajuato", José Alfredo Uribe Salas (Coordinador), *Recuento histórico bibliográfico de la minería en la región central de México*, México Instituto de Investigaciones Históricas/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1994, p. 156.
[344] Alma Parra, 1994, p. 156.
[345] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 185.
[346] Alma Laura Parra, 1994, p. 158.
[347] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 99.

largo de sus historias a jurisprudencias político-administrativas diferentes. Durante el Virreinato de la Nueva España, Tlalpujahua perteneció a la intendencia de Valladolid, en tanto que El Oro a la de México. Después del movimiento de independencia, y una vez constituida la República mexicana, el primero de los minerales quedó integrado al estado de Michoacán y el segundo al estado de México".[348] Aunque, como bien dice Uribe Salas, sólo es una división "imaginaria", pues para el tratado del tema minero no hay tal separación.

Para el caso de Tlalpujahua, en cuanto a su inició como punto de explotación minera española se tienen dos referencias: La primera, con Enrique Canudas Sandoval[349] quien dice que fue entre 1522 y 1525, cuando se descubrieron los yacimientos de este mineral; y la segunda, referida por José Alfredo Uribe Salas quien dice que "La actividad minera argentífera en el actual estado de Michoacán, se inició propiamente con el descubrimiento y explotación de las minas de Tlalpujahua, Otzumatlán y Chaputuato entre 1558 y 1590".[350] Con estas dos referencias, se aprecia como la zona minera de Tlalpujahua figuró como una de las pioneras desde el establecimiento español. Sin embargo, se debe enfatizar que "La región de El Oro y Tlalpujahua, aunque formó parte del primer distrito minero novohispano, no tuvo la importancia ni el peso económico de Guanajuato o Real del Monte, por citar los centros más importantes con que compartió el espacio geográfico de la región central de México".[351]

Con esta última referencia se ve que la minería tradicional se arraiga a la región centro del país, y que si bien, tanto los Distritos de Pachuca-Real del Monte y Guanajuato son catalogados como unos de los de mayor impacto en la época colonial, El Oro-Tlalpujahua figuró en esa zona con un menor desempeño. No obstante, mostraré cómo en el Porfiriato la dinámica de producción de plata y oro va a ser apuntalada por este último Distrito.

[348] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 91.
[349] Enrique Canudas Sandoval, 2005, p. 185.
[350] José Alfredo Uribe Salas, 1994, p. 71.
[351] José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 101-102.

3.1.1. De tradición minera (plata y oro) del centro a descentralización geográfica (y diversificación mineral)

Uno de los factores que ocasionó una fuerte influencia en el mercado de los metales a nivel mundial, fue la Segunda Revolución Industrial que se ubica entre 1870 y 1914[352] (aproximadamente). Lo que ocasionó dicha revolución fue que "se alterarán las ventajas comparativas de cada economía nacional y las condiciones internacionales de competencia: la respuesta de los mercados llegará a través de la Gran Depresión (1873-1896) y de la crisis agraria finisecular. La competencia internacional explicará también el neocolonialismo o imperialismo de fines de siglo".[353] Económicamente puede verse que fue un reflejo de carácter internacional, en el cual las economías menos sólidas sufrieron el golpe, así se gestó dicha crisis de finales del diecinueve. México, por supuesto fue uno de los países afectados, además recuérdese que la década de 1870, países como Francia y Estados Unidos siguieron la tendencia de los ingleses al optar por el patrón monetario basado únicamente en el metal áureo. Y según algunos estudiosos sobre el tema, a partir de "1870 puede hablarse de una economía verdadera economía internacional y de un mercado mundial integrado. El patrón oro y la libra esterlina daban certidumbre a las transacciones y facilitaban los movimientos de capital y el comercio, estimulados, a su vez, por la transferibilidad y negociabilidad que proporcionaba un sistema financiero más eficaz".[354] Si bien esta realidad enunciada no generó (al menos no en un principio) un efecto negativo directo para la economía y minería mexicana, fue más bien un fenómeno paradójico en el que se motivó a combatir las desventajas para la plata en la dinámica global, impulsada por el gran motor de la Segunda Revolución Industrial, la cual demanda metales de tipo industrial.

Entonces tenemos un panorama exterior aferrado al uso fiduciario de monedas de oro, una industria en apogeo como el desarrollo ferrocarrilero y eléctrico a nivel mundial, etcétera, son elementos que se pueden distinguir y que vinieron a modificar las estructuras internas de la economía tradicional mexicana. Se tiene una minería rudimentaria, enclavada en la producción y exportación de monedas de plata, ¿cuál fue entonces el resultado en la

[352] Joaquín Ocampo Suárez Valdés y Daniel Peribañéz Caveda, *Historia económica mundial y de España*, España, Universidad de Oviedo, 2007, p. 113.
[353] Joaquín Ocampo Suárez Valdés y Daniel Peribañéz Caveda, 2007, p. 113.
[354] Joaquín Ocampo Suárez Valdés y Daniel Peribañéz Caveda, 2007, p. 128.

configuración interna de la minería mexicana? Por un lado tenemos de vecino en el norte a Estados Unidos, que entonces ya manifestaba opulencia económica y desarrollo industrial de consideración y, por otra parte, el epicentro de las revoluciones industriales, Europa. Estos gigantes demandaban metales para las nacientes industrias, por ejemplo la eléctrica. Se tiene que en el caso de los minerales mexicanos de tipo industrial, por ejemplo: el "cobre llegó a representar uno de los principales renglones de exportación nacional. La demanda de este metal derivó del crecimiento de la industria eléctrica en Estados Unidos y Europa […] Capitales franceses y estadounidenses fueron los primeros en aprovechar el nuevo campo de inversión".[355] El cobre es sabido que se encuentra en mayor proporción en la región norte de México (Baja California, Chihuahua, Sonora, etc.).

Por otro lado la demanda y producción del plomo "se incrementó en forma considerable en la década de 1890 y en la primera del siglo XX siguió creciendo, aunque a un ritmo menor y de manera errática. El plomo se destinó principalmente a las fundiciones del mercado estadounidense, como metal o mineral bruto".[356] Efectivamente, también este mineral predomina en mayor cantidad en la zona norte del país. Otro de los minerales que también ocupo relevante papel en esta Revolución Industrial, fue el carbón mineral. "La prospección y explotación de yacimientos carboníferos en México en forma sistemática principia hacia 1880".[357] De este mineral hay mucho que decir, pues "a diferencia de los otros productos mineros, nunca fue renglón importante dentro de la exportación. A pesar del crecimiento que experimentó la producción a lo largo del Porfiriato, había necesidad de importarlo, porque la demanda de este insumo se había incrementado […] El impresionante crecimiento de la red ferroviaria durante el gobierno de Manuel González alentó la explotación de los yacimientos carboníferos, cuya producción hacia 1886 ya se estimaba en 57 000 toneladas anuales".[358] De aquí, que se hace la tesis sobre la "descentralización geográfica", pues evidentemente, no fue la región del centro de México, la que tuvo en su vientre dicha producción minera de tipo industrial, fue la zona del norte la que protagonizó esta demanda. "La demanda de carbón en la Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, en

[355] Cuauhtémoc Velasco, *et. al*., "Minerales industriales en el Porfiriato", *Artes de México. Una Visión de la Minería*, México, núm. 86, Octubre 2007, p. 66.
[356] Cuauhtémoc Velasco, *et. al*., 2007, pp. 66 y 68.
[357] Guadalupe Nava Oteo, "La minería bajo el Porfiriato", Ciro Cardoso (coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1992, p. 342.
[358] Cuauhtémoc Velasco, *et. al*., 2007, pp. 68-69.

especial, hizo que desde 1905 comenzaran a explotarse las minas carboníferas de nuevo León, Tamaulipas y Coahuila (San Felipe, El Hondo, Esperanza y Conquista)".[359] Además la dependencia a los metales preciosos en la minería mexicana dejó de ser su único y principal fuente, ahora se tiene una minería "diversificada" y por tanto, "moderna".

3.1.2. La continuidad de la zona centro en la producción auro-argentífera

Para el siglo decimonónico el espíritu de los ilustres conspiradores de Valladolid y luego de Querétaro, culminó en 1821 con la emancipación política respecto de la corona española. Si bien se considera para la historia mexicana como un evento de progreso político-social, se debe considerar que una vez sentenciada la Independencia, hubo que hacer grandes esfuerzos por recomponer la economía, sobre todo, la actividad minera.[360]

Aunque el proceso bélico dejó debilitada la estructura económica, pronto hubo respuesta del exterior, pues: "La independencia de México coincidió con el comienzo de una nueva fase económica para Gran Bretaña […] Hacia 1821, Gran Bretaña reconoció a México como país independiente, convirtiéndose éste en uno de los centros más atractivos para el capital británico, así como en un mercado potencial para sus productos manufacturados".[361] La estrategia de los anglosajones, como puede verse, tuvo un doble sentido de beneficio para ellos. El asentamiento de las compañías extranjeras se dio obviamente en la región centro, por haber en dicho espacio geográfico, el antecedente colonial. A continuación anexo una tabla donde se pueden apreciar algunas de las primeras compañías del México independiente, que fueron la que sirvieron de base para la minería decimonónica. Las siguientes empresas referidas, fueron principalmente erigidas en la región centro, por lo tanto, no se anexan todas, sino sólo algunas con el fin de matizar mejor la explicación:

[359] Guadalupe Nava Oteo, 1992, p. 42.
[360] Ciro Cardoso, *et. al.*, "Características fundamentales del período 1821-1880", Ciro Cardoso (coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1992, p. 53.
[361] María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, "La minería (1821-1880)", Ciro Cardoso (coordinador), *México en el siglo XIX (1821 - 1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1980, p. 121.

Tabla 17: *Antecedentes de inversión extrajera en el México independiente. Algunas compañías mineras extranjeras del centro de México, en 1827.*

Real del Monte Company Director: capitán Vetch Capital: 400 000 libras esterlinas Invertido: 400 000 libras esterlinas aproximadamente		
Estados	*Distrito minero*	*Minas*
México	Real del Monte	Vizcaína y Santa Brígida (del conde de Regla); Morán; minas de la veta de Acosta y San Esteban
	Zimapán	Lomo del Toro
	Encarnación	Ocho minas
	Pechuga	San Francisco, Guadalupe y Don Martín
Michoacán	Ozumatlán	Apóstoles, Machorra y San Pedro Barreño
Tlalpujahua Company Director: Sr. Rivafinolli Capital: 400 000 libras esterlinas Invertido: 180 000 libras esterlinas, aproximadamente		
Estados	*Distrito minero*	*Minas*
México	El Oro	siete minas
Michoacán	Tlalpujahua	86 minas
Anglo Mexican Company Director: señor Williamson Capital: 100 000 libras esterlinas Invertido: 800 000 libras esterlinas, aproximadamente		
Estados	*Distrito minero*	*Minas*
Guanajuato	Guanajuato	Valenciana, Medallo, Tepeyac, Sirena, Villalpando y otras
México	Zimapán	La Cruz, San Fernando, Guadalupe y otras tres
Querétaro	San Cristobal y Maconi	Cuatro minas pequeñas
San Luis Potosí	Catorce	Concepción, Guadalupe, Vetagrande y Milagros
México	Real del Monte	Reunión, Soledad, Guadalupe, Santa Brígida y el Rosario
United Mexican Company Director: Don Lucas Alamán y los señores Glennie y Agassis Capital: 100 000 libras esterlinas Invertido: 800 000 libras esterlinas, aproximadamente		
Estados	*Distrito minero*	*Minas*
Guanajuato	Guanajuato	Rayas, Sechó, Cata, La Caldera, San Roquito, San Rafael, La América y Guadalupe

Jalisco	Comanja	Diamantillo y Guardarraya
Zacatecas	Vetagrande	Quebradilla, Malanoche, San Bernabé, San Acasio, El Desierto y Loreto
	Sombrerete	Minas de las vetas Pabellón y Negra
Chihuahua	Jesús María	La Divina Providencia, Ánimas y Belén
Oaxaca	Calpulalpan	La Natividad, Dolores y una de magistral
	Teojomulco	Minas de la veta de San Pablo
México	El Chico	La Bomba, Santa Ana, Las Papas, San Miguel, San Antonio y Santa Rita
	El Oro	Minas de la veta Descubridora La Magdalena, Los Reyes y La Guitarra
	Temascaltepec	La Magdalena, Los Reyes y La Guitarra
	El Cristo Zacualpan Tetela del Río	San Antonio y San Diego San Mateo Coronilla

Fuente: Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al*., 1988, pp. 108-112.

Pasada la primera mitad del siglo XIX, los "otros metales –como los industriales-, obtenidos como subproductos de la explotación de metales precisos, era bajo, entre otras causas debido a la falta de tecnología que pudiera procesar con mayor aprovechamiento el tipo de minerales. Había minas de cobre en Chihuahua; Mazapil y Zacatecas (Zacatecas); Santa Clara (Michoacán); y Zomelahuacán (Veracruz). De hierro en Santa María Itlatasco y Santa Fe principalmente. El centro representaba el 53.7% de la producción minera total, mientras que el norte el 46.3%".[362] De esta forma vemos como es la región central la predominante en materia minera, y por supuesto, el oro y la plata son el reglón más importante.

La dinámica empresarial fue más vertiginosa para tiempos porfiristas en comparación de años anteriores del mismo siglo diecinueve. Desde un esquema mejor

[362] Moisés Gámez Rodríguez, *Propiedad y empresa minera en la Mesa centro-norte de México. Guanajuato, San Luís Potosí y Zacatecas, 1880-1910,* Tesis de doctorado, Barcelona, Universidad Autónoma Barcelona/Departamento de Economía y de Historia Económica, 2004, p. 17.

planteado en la organización de las compañías, hasta una voluminoso capital para invertir. La continuidad de los metales preciosos, puede decirse que, garantizaba en gran parte, para esa época, la permanencia de la zona central como la preponderante en producción de oro y plata. "Hasta el año de 1891-1892 sólo se produjeron metales preciosos, y en ese año se inicia la producción de minerales industriales".[363] Esto no significa que anteriormente no haya habido estrictamente producción de dichos metales, sino, que su producción fue minina en comparación con el oro y la plata.

Obsérvese la siguiente *Tabla 18* que muestra algunas de las empresas de relevancia que datan de finales del Porfiriato, esto con el fin de contrastar los capitales respecto a las referidas anteriormente en la *Tabla 17* anterior y que pertenecen a la primera mitad del siglo XIX:

Tabla 18: *Empresas mineras pertenecientes al grupo de las 170 sociedades anónimas más grandes de México, 1910-1911.*

Lugar por su importancia	**Nombre de las empresas**	**Capital (millones de pesos)**
	Capital norteamericano	
1	American Smelting & Refining Co.	100,0
2	Greene Cananea Copper Co.	60,0
5	Cananea Central Copper Co.	10,0
6	Batopilas Copper Co.	9,0
7	Mines Company of America	9,0
8	Guanajuato Reduction and Mines	7,5
9	Sam Toy Mining Co. (Sta. Eulalia)	6,0
12	Mexican Metalurgical Co.	4,0
14	Real del Monte y Pachuca	3,4
15	Moctezuma Copper Co. (Phelps Dodge)	3,0
16	Guanajuato Cons. Mining & Miling Co.	3,0
17	Guanajuato Amalgamed Gold Mines	3,0

[363] Guadalupe Nava Oteo, "La minería bajo el Porfiriato", Ciro Cardoso (coodinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1992 (10° edición), p. 358.

18	Guanajuato Devolopment Co.	3,0
19	Propietary Mines Company of America	3,0
23	Río Plata Mining Co. (Chihuahua)	2,0
24	Pacific Smelting & Mining Co.	2,0
27	Maravillas y San Francisco, S. A.	1,2
	Capital británico	
3	Sta. Gertrudis Co. Ltd. (Pachuca)	14,6
4	El Oro Mining & Railways Ltd.	11,2
13	San Francisco del Oro Mining	3,7
20	Batopilas Mining & Smelting Co.	2,9
21	Mazapil Copper Co. Ltd.	2,9
22	Chiapas Zone Exploration Co. Ltd.	2,4
25	Mexico Mines of El Oro, Ltd.	1,8
26	Mexican Mining & Industrial Corp.	1,5
28	Michoacan Railways & Mining Co. Ltd.	1,0
29	Quintera Mining Co.	0,5
	Capital francés	
11	Boleo (Compagnie du)	4,6
30	Las Dos Estrellas, S. A., Mining Co.	0,3
	Capital mexicano	
10	Cía. Metalúrgica de Torreón	5,0
21	San Rafael y Anexas	0,1

Extracción: José Alfredo Uribe Salas, 2010, p.140.

La continuidad de la producción minera arraigada al centro, protagonizaba una indiscutible posición aun iniciado el siglo XX. A pesar del escenario que se distinguió por la diversificación geográfica y de minerales en la gama que posee la geología mexicana. Véase en seguida, la tabla donde se muestra la relevancia de la producción de algunos estados de la región central, y que dan evidencia de lo dicho: "la continuidad de la región centro", con relación a la obtención minera en México.

Tabla 19: *Producción de las minas mexicanas de los estados del centro de México. (1901).*

ESTADOS	SUPERFICIE		PRODUCCIÓN			
			Peso	Peso		
	Número de minas	Hectáreas	Toneladas	Kilos	Valor en pesos	VALOR MEDIO POR TONELADA
Guanajuato	**112**	**2,300**	**134,645**	**169**	**3,161,590**	**23,48**
Guerrero	13	823	50,244	078	273,554	5,44
Hidalgo	**114**	**1,271**	**211,794**	**993**	**7,188,429**	**33,94**
Jalisco	55	438	43,938	340	1,289,139	29,34
México	28	992	24,536	135	3,316,828	13,52
Michoacán	**37**	**979**	**24,084**	**013**	**590,606**	**24,52**
Oaxaca	58	1,585	21,152	433	1,023,327	48,38
Puebla	6	422	31,573	600	202,924	7,38
Querétaro	25	756	1,010	905	27,307	27,01
San Luís Potosí	50	2,733	94,522	436	3,549,972	37,56

Fuente: Rubén Darío Núñez Altamirano, *Las pequeñas y medianas empresas mineras del centro de México frente a la depreciación de la plata. El caso de la región de Pachuca y Real del Monte. (1873-1910)*, Tesis de Maestría, Morelia, Michoacán, México, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2006, pp. 172-173.

3.2. El Oro-Tlapujahua, Guanajuato y Pachuca-Real del Monte, a través de las empresas: *Compañía Minera Las Dos Estrellas, The Guanajuato Reduction and Mines Company* y la *United States Smelting, Refining and Mining Co.*, al contraste

3.2.1. Transición empresarial decimonónica hacia la modernidad del siglo XX

En el México independiente, se comenzó a gestionar la inversión extranjera, esta constituyó la infraestructura minera de la primera mitad del siglo XIX, sin embargo, esta base material se habría de desarrollar de forma más sistemática y amplificada en tiempos del Porfiriato. Ya que la "independencia de México coincidió con el comienzo de una nueva fase económica para Gran Bretaña".[364] Derivado de las inversiones se forjaron nuevos modelos de operación basados en la incursión técnica y tecnológica; algunas de las innovaciones tecnológicas que fueron introducidas fue la máquina de vapor a la actividad extractiva y la

[364] María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, 1980, p. 121.

otra fue la búsqueda del mejoramiento del método de beneficio. Pero antes, se exponen los antecedentes de los distritos en estudio previos al Porfiriato.

A diferencia de Guanajuato y Pachuca-Real del Monte, el distrito de El Oro-Tlalpujahua no tuvo una producción tan relevante en la Colonia, como figuran los dos primeros. De hecho: "Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí Zacatecas, es de yacimientos argentíferos por excelencia",[365] se consideran como tradicionales en la región del centro. Su periodo (de El Oro-Tlalpujahua) de expansión productiva (de metales precisos) y bonanza económica se dio hasta el periodo finisecular del XIX. Las bases que lograron ese progreso se deben a la inversión extranjera posterior a la Independencia (fenómeno rector del desarrollo minero de la región central en la década de 1820-1830).[366] Pues debemos considerar que "la infraestructura creada por las compañías inglesas sirvió como base para el desarrollo subsecuente de la minería".[367]

En el caso de El Oro-Tlalpujahua se configuraron dos compañías de origen británico: la *United Mexican Mining Association* y la *Tlalpujahua Company* (explotando un aproximado de 90 minas).[368] Con el arribo de capital llegaron también más *innovaciones tecnológicas* precedidas por especialistas en mineralogía y conocimientos empíricos sobre técnicas mineras (Joseph Burkart, técnico en minería de origen alemán). Una de las incorporaciones tecnológicas de los ingleses en la década de 1820-1830 fue la máquina de vapor (bomba para extraer el agua), ésta se instaló en El Oro, el año de 1827. Aunque recuérdese que la bomba a vapor ya tenía un previó antecedente con la que construyó Andrés Manuel del Río, desde las primeras dos décadas del siglo XIX. La diferencia recae que en el ocaso del gobierno ibérico había una obstaculización comercial por los Murphy, mientras con la inversión inglesa, se aceleró y aumento la incursión de dichas máquinas.[369] Entre otras innovaciones, adaptaron una infraestructura basada en represas de agua de los ríos de la región, para general energía hidráulica y canalizarla al proceso de beneficio de

[365] Guadalupe Nava Oteo, 1995, p. 182.
[366] José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 101-102.
[367] María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, 1980, pp. 128-129.
[368] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 102.
[369] Eduardo Flores Clair, "La industrialización minera durante la guerra de independencia, las bombas de la paz y la reconciliación", Francisco Javier Rodríguez Garza (coord.), *Protoindutrialización, industrialización y desindustrialización en la historia de México*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, Casa abierta al tiempo, 2009, pp. 73-75.

amalgamación por patio para la fase de molienda.[370] A los pocos años de su arribo a territorio nacional sufrieron un resultado no productivo sus voluminosas inversiones. Situación que los llevo a vender, fue una de entre tantas medidas, para reorganizarse financieramente. En El Oro-Tlalpujahua, la *United Mexican Mining Association* logró llegar hasta los años de 1840, pero fue relevada por la *Compañía Restauradora de Minas de El Oro*. Mientras que la *Tlalpujahua Company* fue la primera en desistir de su inversión en el distrito. Este fenómeno de quiebra de las empresas extranjeras se experimentó en los tres distritos mineros referidos. En este distrito el capital británico duró 15 años en operación, de 1825 a 1840.

En concreto, entre 1821 y 1880, "periodo en que se dieron las inversiones británicas, la estructura del sector minero, cuyos rasgos eran netamente precapitalistas, no pudo asimilar, por su mismo carácter, los elementos para su transformación. Ni las fuerzas productivas, ni las relaciones de producción sufrieron cambios sustanciales; sin embargo, en estos años se gestaron las bases que permitirían el desarrollo y el cambio cualitativo de la minería hacia finales del siglo XIX".[371] En la década de 1870 la minería del distrito de El Oro-Tlalpujahua, se encontraba en una situación donde sus empresas o de negociaciones eran en su mayoría pequeñas, puesto que las compañías que se asentaron después de las inversiones del México independiente, no lograron sostenerse rebasada la segunda década del XIX. La actividad minera quedó en manos de sus antiguos dueños, ex trabajadores, entre otros interesados, a pesar de ello la producción era continua, aunque discreta por la poca inversión. A partir de la década de 1880, la ciencia y la tecnología jugaron un papel importante. Se innovó el proceso productivo con la incursión de motores hidráulicos, hornos de reverberación, molino chileno (1893), entre otros artefactos que, "Con los años, y en la medida que la explotación de las minas alcanzó un alto grado de mecanización, los empresarios toparon con la limitaciones impuestas por el método de amalgamación"[372], cuestión que mermó la producción y los hizo implementar por algún tiempo, la variante de amalgamación por toneles, ya que se prestaba más a las novedades tecnológicas.

Uribe Salas expone que, en tan solo 14 años (de 1893 a 1907) el distrito El Oro-Tlalpujahua se inundó de empresas en su mayoría extranjeras (un aproximado mayor a 50

[370] José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 105-106.
[371] María Cristina Urrutia de Stebelski y Guadalupe Nava Oteo, 1980, p. 129.
[372] José Alfredo, Uribe Salas, 1994. p. 113.

compañías) de origen británico, francés y estadounidense.[373] Algunas de las empresas que se instalaron en el distrito fueron de capital inglés como: *El Oro Mining and Railway Co*., que inició con un capital de 1, 147,000 de libras esterlinas, en el año de 1899; también, *La Esperanza Ltd*., con capital de 455,000 libras, en el año de 1903; y la otra fue la *Mexican Mines of El Oro Ltd*., con capital de 180,000 libras esterlinas, en el año de 1904. Sin embargo, una de las empresas que permeó fuertemente sobre el distrito minero fue la *Compañía Minera "Las Dos Estrellas"* (en este caso de capital francés), con capital de $150,000. Pero el plus que diferenció a esta empresa de las otras –incluso a nivel nacional-, fue el respaldo financiero del *Banque Franque Egyptienne* y el *Credit Lyonnais* (instituciones francesas de finalidad económica). Argumenta Uribe Salas, fueron factor para que la empresa *"Las Dos Estrellas"* explotara a una escala mayor el distrito, asentando un escenario industrial de vanguardia para la época.[374]

En la siguiente tabla se enlistan las empresas que se formaron en el Distrito Minero de El Oro-Tlalpujahua en la época del Porfiriato. De esta forma puede mejorarse la apreciación del arribo y creación masiva de compañías mineras.

Tabla 20: *Empresas registradas en el Distrito Minero de El Oro-Tlalpujahua entre 1893 y 1907.*

Empresas	Año de registro
Compañía Minera de Santa Gertrudes y Anexas	1893
Nolon y Compañía	1894
Nueva Compañía Minera Nacional Mexicana	1895
Compañía Minera Victoria	1897
Compañía Minera Victoria	1897
Compañía Minera del Buen Despacho	1898
Compañía Minera "Las Dos Estrellas"	**1898**
Negociación Minera Sirio	1899
Compañía Minera San Nicolás y Anexas	1899
Compañía Minera Bertita	1900
Compañía Limitada del Sindicato de la Mina de La Reforma	1902

[373] José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 155-159.
[374] José Alfredo Uribe Salas, 2010, 146-149.

Compañía Minera de Santa Rosa del Oro	1902
Compañía Minera de Aldeberán y Anexas	1902
Compañía Minera La Unión	1902
Compañía de San Patricio	1903
Compañía Minera La Libertad	1903
Compañía La Aurora y Anexas	1903
Compañía Minera La Estrella	1903
Compañía Minera Sullivan	1903
The Noche Buena Tlalpujahua Mining Co.	1903
Compañía Minera La Descubridora	1903
Compañía Minera El Águila	1903
Compañía Minera María Teresa	1903
Compañía Old Have	1903
Compañía Minera El Perseo	1903
Compañía Minera Presa Nueva	1903
Compañía Minera Júpiter	1903
Compañía Minera Lill	1903
Compañía Minera Juárez	1903
Compañía Minera Los Ocotes	1903
Compañía Minera Santa Rita	1903
Compañía Minera San Jorge	1903
Compañía Minera de Antares	1903
Compañía Minera De Wet	1903
Compañía Minera de San Francisco	1903
The Scsheeng Mine Co. Limited	1903
Compañía Explotadora El Puritano	1903
El Progreso y Anexas	1904
Compañía Minera La Lucha y Anexas	1904
Compañía Minera América	1904
Compañía Minera de Borda Antigua y Anexas	1904
Concepción de Borda y Anexas	1904
Negociación Minera La Nacional	1905

Compañía Minera San Rafael de Comanja y Anexas	1905
Compañía Minera y Beneficiadora Espíritu Santo	1905
Compañía Minera Juanito	1906
Compañía Minera y Beneficiadora La Estrella del Norte y Anexas	1907
Compañía Minera Westphalia	1907
Compañía Minera Planeta y Xóchitl	1907
Provincia Borda	1907

Fuente: José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 129-132.

También la minería guanajuatense recibió inversiones en la década de 1820. Las primeras empresas extranjeras en arribar fueron: la *United Mexican Mining Company*, y la *Anglo Mexican Company*. Estas empresas obtuvieron contratos para aviar las minas más productivas del distrito, con el fin de rehabilitar la actividad minera de Guanajuato.[375] Al poco andar de las inversiones británicas en el distrito de Guanajuato, las contrariedades vinieron rápido. A principios de la década de 1830 se registró un descenso en la productividad de las inversiones y no resistieron más. Causando que las minas aviadas por la *United Mexican Mining Company*, y la *Anglo Mexican Company* regresaran a usufructo directo de sus propietarios originales (familias Rul y Pérez Gálvez), suceso ocurrido entre 1832 y 1838.[376] Por solo mencionar un ejemplo de que la minería guanajuatense se vio beneficiada por los capitales británicos, que aunque estos no resultaron exitosos, si dejaron las bases (rehabilitación e infraestructura) que bien aprovecharon los antiguos dueños de las minas aviadas por los ingleses. Se tiene que "entre 1831 y 1847 la mina de Mellado produjo 1, 635,991 pesos con el avío de Juan de Dios Pérez Gálvez y siguió produciendo, aunque en escala menor, hasta 1860".[377]

El desarrollo técnico e inversión de capital al distrito minero de Guanajuato, por parte de los ingleses fue infructuoso en cierta medida, sin embargo, quienes aprovecharon la plataforma generada por los británicos fueron los dueños (familias Rul y Pérez Gálvez) quienes, sí cosecharon bonanza en el periodo comprendido de 1822 a 1850 (aproximadamente). La producción en estos años experimentó un alza, pues para 1822 la

[375] Alma Parra, 1994, p. 166.
[376] Alma Parra, 1994, pp. 168-169.
[377] Alma Parra, 1994, pp. 168-169.

producción argentífera era de 21,460 kilos y para 1850 aumentó a 211,074 kilos de plata.[378] Con ello se refuerza la tesis respecto a que estas inversiones extranjeras e intermedias entre la Independencia y el Porfiriato, generaron las condiciones de rehabilitación (de alguna u otra forma oxigenaron la economía minera del México decimonónico) e infraestructura en la minería tradicional de la región central de México.

Mientras tanto, para la década de 1870 la situación de producción minera era más activa y al parecer más organizada en comparación con El Oro-Tlalpujahua. Ejemplo de lo anterior, es que en 1874 "se formó la Sociedad Minera Guanajuatense que congregó a ingenieros, técnicos y propietarios de minas de la región",[379] que se preocupaban por revertir el efecto negativo la depreciación de la plata y continuar con un ritmo competitivo de su región. También, a diferencia de El Oro-Tlalpujahua, en Guanajuato figuraba una estable producción de metales preciosos, prueba de ello es la activa producción de la antiquísima empresa familiar: *Negociación de Casa Rul*. Esta logró sortear el conflictivo siglo XIX y culminó hasta principios del XX. Además, el distrito guanajuatense contaba con un proceso productivo bien equipado o al menos, acoplado al sistema tradicional de beneficio –es decir, el modelo tradicional se llevó a su máxima expresión, pero de todas formas limitado para la época-.[380] Ello sugería la necesidad de una innovación científico-tecnológica radical; esta variable se puede ver explícitamente al revisar la historia de las empresas en estudio, reflejado en los tres distritos mineros: El Oro-Tlalpujahua, Guanajuato y Pachuca-Real del Monte.

En Guanajuato para finales del Porfiriato "había más de 70 compañías, la mayoría estadounidenses y pocas mexicanas".[381] Algunas de las más importantes del sector fueron: *La Asunción y Anexas*, que data de 1868 (de capital local); *The Guanajuato Consolidated Mining and Milling Company*, se tiene información de ella desde 1898 (de capital estadounidense); otra importante fue la sucesora de *La Casa Rul*, es decir, *The Guanajuato*

[378] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 35.
[379] Alma Parra, 1994, p. 172.
[380] Oriel Gómez Mendoza, "Guanajuato: la reconfiguración espacial en el beneficio argentífero a principios del siglo XX", *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, Morelia, Michoacán, México, Núm. 43, enero-junio de 2006, pp. 77-79.
[381] Francisco Javier Meyer Cosío, *La minería en Guanajuato: denuncios, minas y empresas 1892-1913*, Zamora, El Colegio de Michoacán/Universidad de Guanajuato, 1998, p.101.

Reduction and Mines Company (de capital estadounidense), que relevó a la antiquísima empresa familiar en 1904.[382] Estas y muchas más establecieron el amplio número de compañías extranjeras en Guanajuato, con algunas de ellas, llegó la anhelada modernidad al sector minero del distrito –que se efectuó hasta el primer lustro del siglo XX-. En seguida se anexa una relación de empresas que se crearon a finales del siglo diecinueve y principios del veinte. De esta forma se puede observar –aproximadamente- el volumen de compañías que explotaron el oro y la plata en el distrito de Guanajuato.

Tabla 21: *Guanajuato, compañías mineras de Guanajuato: 1887-1908.*

Empresa	**Año de registro**
La Asunción y Anexas	¿1868?
The Dwight Furness Company	1887
The Providencia Mining And Milling Company	1894
The Guanajuato Consolidated Mining And Milling Company	1898
The Santa Natalia Mining And Milling Company	1898
The Hamburg Mining, Milling And Power Company	1898
The Nueva Luz Mining Company	1899
La Central Compañía Minera y Beneficiadora de Metales, S. A.	1899
The Danish American Mining And Milling Company	*¿1899?*
Compañía Minera Providencia de San Juan de La Luz y Anexas, S. A.	¿Últimos años del siglo XIX?
The Victoria Mines Company	1900
Negociación Minera del Cedro y Anexas	1900
Corwin And Green Consolidated	1900
Montana And Mexico Mining Company	¿Inicios del siglo XX?
The Aparecida Mines Company	1902
The Carmen Guanajuato Gold Mining Company	1902
The Guanajuato Power And Electric Company	1902
The Bolañitos Mines Company	1902
The Dolores Mining And Milling	¿De la época?

[382] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, pp. 103-159.

The Buena Vista Mines Company	1903
The Cubo Mining And Milling Company	1903
The Peregrina Mining And Milling Company	1903
La Luz Drainage Tunnel And Transportation Company	1903
The Guanajuato River Gold Mining Company	1903-1904
The Guanajuato Reducción And Mines Company	**1904**
The Mineral Development Guanajuato And New York Company	1905
The La Luz Mines Company	1905
La Tula Mining Company	1905
Guanajuato Amalgamed Gold Mines Company	1905
Compañía Minera La Unión	1905
The Guanajuato Devolopment Company	1906
The Mexican Mining Company	1906
The San Prospero Mines Company	1906
The Pingüico Mines Company	¿Principios del siglo XX?
The Pasadena El Monte Mining Company	1905
The Gemelos Mining And Milling Company Of Texas	1905
Negociación Minera del Cedro y Anexas Guanajuato Development Company	1906
Grupo Minero-Metalúrgico La Central Guanajuato Development Company	1906
Union Mines Company	1906
The San Gregorio Mining And Railway Company	1907
The Mexican Miling And Transportation Company	1907
El Rey de Guanajuato Mining And Milling Company	1907
La Perla Mining Company	
The Gigante Mountain Tunel And Railway Company	¿1907?
The Guanajuato Humboldt Mines Company	1907
Compañía Minera El Profeta y Anexas, S.A.	1907
The San Cayetano Mines Limited	1907

The Gigante Quick Silver Mining Company	1908
The Asuncion Company	1914

Fuente: Francisco Javier Meyer Cosío, *La Minería en Guanajuato. Denuncios, Minas y Empresas (1892-1913)*, México, Universidad de Guanajuato, El Colegio de Michoacán, 1998, pp. 103-212.

En el periodo comprendido entre 1824 y 1875, el distrito Pachuca-Real del monte se define por la dinámica de la *Compañía Real del Monte y Pachuca* (CRMP) como empresa de alta relevancia en el distrito que permeo sobre la economía regional. Aunque había otras empresas en el distrito, la CRMP fue preponderante, ya que las otras eran pequeñas y medianas sin ser trascendentes en los volúmenes de producción auro-argentífera.[383] La etapa de inversión inglesa posterior a la Independencia de México, que arrancó en febrero de 1824 (desde Londres) con la *Compañía de los Aventureros de las Minas de Real del Monte*. Esta compañía operó con capital ingles por 25 años (de 1824 a 1849). Su actividad reporta inversiones voluminosas, pero no resultados positivos pues en el año de 1849 su deuda ascendía a un estimado de $4, 400,000 causa que los obligo a vender la empresa. Fue el capital mexicano el que reactivo la productividad del distrito, ya que adquirieron la empresa en junio de 1849, bajo el nombre de *Sociedad Aviadora de Minas de Real del Monte y Pachuca* (SAMRMP).[384]

A partir de 1849 la *Sociedad Aviadora de Minas de Real del Monte y Pachuca* de capital mexicano aprovecho de la infraestructura desarrollada por los ingleses y encontraron buenos resultados a la breve marcha de su dominio. Concretamente, Herrera Canales y Ortiz Peralta señalan que, "entre 1863 y 1875 llegó a poseer más de 100 minas entre aviadas y propias además de once haciendas de beneficio entre las de molienda y refinación".[385] Posteriormente el descenso de la producción mineral en la región fue causado por la baja ley de minerales, es decir, los minerales explotados en la década de 1870 se vieron proclives a contener materia infructuosa en su mayoría. La Compañía intento hacer frente a los obstáculos y continúo en marcha, convirtiéndose así en una de las casas mineras de tradición decimonónica mexicana. No obstante la CMRMP implemento ciertas medidas (reducción de gastos secundarios) para sortear la crisis suscitada ante esta variante dependiente. Para la década de 1880 el método por toneles recuperó su uso en las

[383] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 31; Robert W. Randall, 1972, p. 49.
[384] Para mayor información respecto a la quiebra de la empresa británica, véase: R. W. Randall, pp. 222-242.
[385] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 35.

tareas de beneficio, tanto que en el segundo lustro de 1890 casi el 50% de los minerales se encaminaba a este sistema.[386]

La actividad minera era aún más activa en Pachuca-Real del Monte que en los otros distritos –retomando la década de 1870-, se encuentran varias empresas desde pequeñas, medianas, hasta grandes. Al detonarse el descenso del valor argentífero, el efecto en los distritos del centro fue similar, pues en Pachuca-Real del Monte esta variable en el mercado, también fue el motor de los empresarios o propietarios mineros por sortear la "crisis". En ese contexto surgieron algunas empresas como: *Compañía San Rafael y Anexas*, creada en 1874 (con capital local), además se consolido como la más relevante de las medianas empresas del distrito; *La Blanca y anexas*, que data de 1876 (de capital pachuqueño); la empresa más preponderante de Hidalgo en el siglo XIX, fue la *Compañía Real del Monte y Pachuca* que data de 1849 a 1906 (capital local). En este periodo, la empresa recibió varias innovaciones tecnológicas, desde la introducción de la máquina de vapor en la segunda década del siglo XIX. Para "1858 dice Burkart que la CRMP tenía 12 máquinas de vapor incluyendo un motor de la maestranza para mover las diferentes máquinas de los talleres, además de 32 ruedas hidráulicas".[387] También para la última década del siglo XIX, se instaló de forma parcial la electricidad, consiguiendo iluminación y equipo de bombeo eléctrico.[388]

Sin duda hubo muchas otras empresas, pero esta última tenía gran influencia en el distrito, no solo por su tamaño, sino por los volúmenes de producción. En el caso de Pachuca-Real del Monte fue más tardía la incursión de las inversiones extranjeras, y eso va a ser una limitante en su estructura de producción, puesto que el éxito del manejo de la gran empresa originó persistencia y siguieron aferrados al estilo tradicional de producción de oro y plata.[389] Mientras que, El Oro-Tlalpujahua les aventajó tanto a Guanajuato como

[386] Rina Ortiz Peralta, "El beneficio de minerales en el siglo XIX: El caso de la Compañía de Real del Monte y Pachuca", *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, Morelia, núm. 14, Julio-diciembre de 1991, pp. 78-80.-
[387] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 36.
[388] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 38.
[389] José Alfredo Uribe Salas y Rubén Darío Núñez Altamirano, "Depreciación de la plata, políticas públicas y desarrollo empresarial. Las pequeñas y medianas empresas mineras mexicanas de Pachuca y Real del Monte", *Revista de Indias*, España, vol. LXXI, núm. 252, 2011, pp. 458-466; Rocío Ruiz de la Barrera, "La Empresa de Minas del Real del Monte (1849-1906) medio siglo de explotación minera: ¿casualidad o desarrollo estratégico?", Carlos Marichal y Mario Cerutti (compiladores), *Historia de las grandes empresas en México, 1850-1930*, México, Universidad Autónoma de Nuevo Léon, Fondo de Cultura Económica, 1997, p. 297.

Pachuca-Real del Monte, en materia de inversión foránea y en modernización (ciencia, tecnología e innovación).

Ahora se anexa lista de empresas que se asentaron y/o crearon en el lapso 1890 a 1910, en el distrito de Pachuca-Real del Monte:

Tabla 22: *Pachuca-Real del Monte: Compañías activas de la región de Pachuca y Real del Monte (1890-1910).*

Compañía	Dueños
Cía. Real del Monte	ASSARCO INC-UNITED STATES Co. DE BOSTON
C. Exploradora de minas Encino y Anexas	COMPAÑÍA REAL DEL MONTE Y PACHUCA
C. Aviadora de Santa Ana y Anexas S. A.	C. R. M. Y P. (Accionista Mayoritaria)
C. Negociación Dinamita y Anexas S. A.	C. R. M. Y P. (Contrato para exploración de sus minas)
C. Santa Gertrudris S. A.	Accionistas mexicanos/C.R.M.Y P. (Contrato de avío)
C. General de Inversiones Mineras S. A.	(Subsidiaria de Santa Gertrudis, S. A.)
C. Exportadora de Minas S. A.	(Subsidiaria de Santa Gertrudis, S. A.)
C. Dos Carlos S. A.	
C. Negociación Minera de San Rafael y Anexas S. A.	Accionistas Mexicanos (Empresa mediana)
C. Negociación Minera El Nuevo Cuauhtemoctzin S. A.	Cía. San Rafael y Anexas
C. de Minas La Blanca y Anexas.	Accionistas Mexicanos (Empresa mediana)
C. Aviadora del Rosario Viejo y Anexas S. A.	Cía. La Blanca y Anexas
C. Minera de Guadalupe Hidalgo y Anexas S. A.	Cía. La Blanca y Anexas
C. Minera Purísima Guadalupe y Minas de Guadalupe Fresnillo y Anexas.	
C. de San Cayetano y Maravillas S. A.	Cía. La Blanca y Anexas
C. Minera La Luz de Pachuca S. A.	
C. Minera La Palma y Anexas.	Mexicanos (Trabajó por medio de buscones)
C. Minera y Beneficiadora de Maravillas y San Francisco S. A	Accionistas Mexicanos (Empresa mediana)
C. Minera la Herradura y Anexas.	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Minera Santa Inés Caretera y Anexas	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Los 4 Reinos S. A	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Beneficiadora de Pachuca S. A.	Santa Gertrudis S. A.

C. The Blaissdell Coscutitlán Syndicate.	
C. Negociación de Anáhuac	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación de la Cruz y todos los Santos	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación de Cuatáparo	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación de Don George y Anexas	
C. Negociación de Encarnación y Anexas	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación de San Teófilo de Oyamel	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Metalúrgica d Atotonilco el Chico	C.R.M.Y P. (Accionista Mayoritaria)
C. Negociación de Gran Compaña	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación de Maravillas y Ompaquez	
C. Negociación de Peregrinos y Fortuna	
C. Negociación de San Esteban	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación de San Felipe	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación d San José de los Dolores	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación d Tenoxtitlán	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación La Abundancia	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación Cruz y Todos Santos	
C. Negociación Redención	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación La Rica	
C. Negociación Los Anteojos	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación Los Arcos	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación Dulce Nombre	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación Manzano y Anexas	
C. Negociación de la Gardenia	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación de la Lagunilla	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación de la Noche Triste	
C. Negociación La Palma	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación Rosalina	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación Sonora	
C. Negociación La Victoria	
C. Negociación Poder de Dios	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación Zembo	

C. Negociación de Inglesa	
C. Negociación San Andrés del Rosario	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación San Sabás	
C. Negociación Santa Isabel	
C. Negociación Santiago	
C. Negociación santo Tomás apóstol	Mexicanos (Pequeña empresa)
C. Negociación Tomás Tello	Tomas Tello (Empresa mediana)
C. Negociación Washinton	
C. Negociación Cristóbal Colón	
C. Negociación Mancera	Gabriel y Tomás Mancera (Empresa mediana)

Fuente: Rubén Darío Núñez Altamirano, 2006, pp. 203-205.

3.2.2. ***Compañía Minera Las Dos Estrellas, The Guanajuato Reduction and Mines Company*** y la ***United States Smelting, Refining and Mining Co.*****, su formación y sus incorporaciones científico-tecnológicas**

La conversión de los negocios mexicanos de corte tradicional a modernos, se efectuaron en el contexto porfirista. La configuración de las nuevos empresas fue guiada por múltiples factores, tales como la Segunda Revolución Industrial, la ola imperialista, la volatilidad de la plata, las tendencias contemporáneas en materia científica, etcétera, todo esto terminó por redefinir un nuevo cuerpo institucional, es decir, empresas mejor estructuradas. Su preocupación, evidentemente es la de cuidar los intereses de los capitalistas, lo demás es secundario.

Para esto, se debe tener en cuenta lo que se argumentó en la apertura de este capítulo, con la concepción de North, respecto a los organismos, en el sentido, que estos influyen en su entorno de acción, en términos socio-económicos. Definida la empresa como una unidad de producción, u organismo, esta interfiere en la dinámica tanto local como internacional. Por lo tanto, se refieren de forma específica los momentos de cambio de las empresas en estudio y anotar cuándo pasaron de empresas o negocios tradicionales a empresas modernas. Se abordaran en orden cronológico, respecto al instante en que efectuaron los cambios, ya que esto es el primer determinante o puntal en la carrera por lograr los mejores resultados en su producción mineral, valiéndose de la ciencia, tecnología e innovación para su éxito. Las tres empresas que se toman como agentes organizacionales

de estudio son: la *Compañía Minera Las Dos Estrellas*, que pertenece al distrito minero de El Oro-Tlalpujahua; *The Guanajuato Reduction and Mines Company*, que se asentó en el Distrito de Guanajuato; y, la *United States Smelting, Refining and Mining Co*., instalada en el distrito de Pachuca-Real del Monte. Elegí dichas compañías porque son de las pocas mejor estructuradas y por tanto son las que más se identifican con los parámetros de North, además estas dieron altos rendimientos de producción.

Partamos por citar en primer lugar la empresa *Las Dos Estrellas* de El Oro-Tlalpujahua, ya que fue la primera (de las tres empresas en estudio) en erigirse como empresa moderna. La historia de la *Compañía Minera Las Dos Estrellas*, inicia formalmente el 19 de septiembre de 1898; su creador, Francisco J. Fournier ingeniero de minas de origen francés, quien pudo ver el gran potencial de los yacimientos enclavados en El Oro-Tlalpujahua.[390] "El capital social de la nueva sociedad, cuyo objeto era adquirir y explotar las minas de oro y plata llamadas 'Estrella Número Uno' y 'Estrella Número Dos', e igualmente establecer, adquirir, explotar y aprovechar otra u otras pertenencias mineras y las haciendas para el beneficio de metales preciosos que le contengan, quedó integrado por $50 mil, representado por quinientas acciones contribuyentes de $100 cada una, íntegramente suscritas por los componentes de su producción".[391] A continuación se expone la estructura inicial de los accionistas de la nueva Compañía Minera:

Tabla 23: *Accionistas de la Compañía Minera Las Dos Estrellas, 1898.*

Socio	**Cargo administrativo**	**Lugar de origen**	**Número de acciones**
José Luis Requena	Presidente	Campeche (México)	100 acciones
Francisco J. Fournier	Vicepresidente	Francia	100 acciones
Hermes Charles Sanfier	Comisario	Inglaterra	100 acciones
Antonio Pliego Pérez	Director vocal o ejecutivo	Toluca (México)	100 acciones
Guillermo Landa	Director vocal o ejecutivo	Ciudad México (México)	50 acciones

[390] José Alfredo Uribe Salas, 2003, pp. 15-22.
[391] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 174.

Guillermo Brockmann	Director vocal o ejecutivo	Guanajuato (México)	50 acciones

Fuente: José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 174-175.

Poco tiempo después se hicieron algunos movimientos de acciones a cambio de efectivo, transacciones que se respaldaban con el supuesto de incalculables contenidos de oro y plata, según los socios. Ya para 1901, se conformaban tres mil acciones (a $100 cada una), pero debido a la activa campaña de publicidad sobre el potencial que contenían los yacimientos de sus minas, se dio un fenómeno de expansión en el valor de las acciones. En el mismo año de 1901, pasaron de valer $100 a $130 y finalmente $390.[392] Pasados unos años de este evento, pues de verse que "esa etapa de vida de la empresa minera, que va del año de su constitución hasta 1907, Francisco J. Fournier, su promotor principal y mayor accionista, dejó notar sus dotes para organizar y dirigir la marcha de la compañía minera".[393] Uribe Salas, también señala que el éxito de esta administración, mucho se debe al conocimiento científico de Fournier, factor vital para la explotación mineral. De esta forma se erigió, la que sería, años posteriores unas de las empresas mejor organizada, equipada y productora de metales preciosos, no solo a nivel regional, sino figuraría como una de las más relevantes a nivel nacional.

Sucesivamente, *The Guanajuato Reduction and Mines Company* fue la segunda empresa (de las tres en cuestión) en transitar de un esquema tradicional como negocio familiar, a una compañía de clase mundial. La historia de esta empresa difiere respecto de *Las Dos Estrellas*, pues *The Guanajuato Reduction and Mines Company*, se erigió tomando como base la infraestructura, minas y demás propiedades de *La Casa Rul*, una empresa tradicional, que enclava sus orígenes en el ocaso de la época colonial. Fue el 28 de abril de 1904, cuando se formó *The Guanajuato Reduction and Mines Company* (formada en Colorado, Estados Unidos).[394] El evento que llevó a *La Casa Rul* a ceder su empresa a los estadounidenses se debió a sus resultados negativos en la producción. A continuación se

[392] José Alfredo Uribe Salas, 2003, pp. 26-27.
[393] José Alfredo Uribe Salas, 2003, p. 27.
[394] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 58. De hecho una de las mejores apreciaciones elaboradas sobre esta empresa, es precisamente esta obra referida, ya que aborda desde su origen tradicional (Casa Rul) a empresa moderna (The Guanajuato Reduction and Mines Company).

agrega tabla de algunas de las últimas cifras que obtuvo *La Casa Rul* antes de declinar definitivamente:

Tabla 24: *Balance del Giro Comercial de Rul. 1899-1904.*

Años	Utilidades	Pérdidas	Total
1899	45,735.65	50,843.04	-$ 5,108.39
1900 Primer semestre	21,643.31	12,517.21	$ 9,126.10
1901	40,340.64	43,899.89	-$3,202.54
1902	55,161.30	106,004.86	-$50,843.56
1903	22,074.09	76,060.96	-$53,986.96
1904 mes de agosto	28,573.05	26,238.03	-$ 2,335.00

Fuente: Oriel Gómez Mendoza, *De empresa familiar a trasnacional minera. Guanajuato. Principios del Siglo XX*, México, Facultad de Historia, Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2007, p. 51.

La novedosa sociedad de origen norteamericano inició "con un capital de siete millones quinientos mil pesos en oro americano y fue dividido en setenta y cinco mil acciones de un valor nominal de cien cada una, a la vez que tenía con *The Empire Trust Company* de Nueva York un contrato de fideicomiso e hipoteca […] El consejo de administración de la *Guanajuato Reduction* estuvo formado por George A. Beaton, Charles L. Kurtz, Henry Hine, Leonard R. Curtis, John S. Barttlet, Leon O. Bailey, Samuel M. Hamill, Clemente A. Griscom, Jr. y John J. Welch".[395] En palabras de Gómez Mendoza, se entiende que la diferencia entre *La Casa Rul* y la nueva empresa norteamericana eran abismales en términos de capital, pues en 1902 la tradicional negociación *Rul* apenas cifraba $285,000 pesos, mientras que la de los norteamericanos abrió con una suma mucho más voluminosa. O como asevera Meyer Cosío, que para 1904: "Las antiguas posesiones Rul no bastaron para la diez veces millonaria empresa, y a finales del 1904 Charles Van Law, Robert T. Hill y Louis Noble, a nombre de su compañía, emprendieron una agresiva política de expansión".[396] A continuación se presenta el Consejo Directivo de la compañía estadounidense:

[395] Oriel Gómez Mendoza, 2007, pp. 58 y 59.
[396] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 151.

Tabla 25: *Consejo Directivo de la GRMC (1904): empresarios mineros.*

Nombre	Puesto en la empresa	Lugar de origen empresarial
Charles L. Kurtz	Presidente	Columbus, Ohio, EE.UU
Leonard R. Curtis	Vicepresidente	Colorado Springs, EE.UU
Henry Hine	Vicepresidente	----------
Clement A. Griscom, Jr.	Vicepresidente	----------
Charles F. Down	Secretario y tesorero	----------
Pablo Martínez del Río	Consejero	Ciudad de México, México
Charles W. Van Law	Gerente	Guanajuato, Guanajuato, Méx.
Henry P. Smith	Subgerente	Guanajuato, Guanajuato, Méx.
Carlos Robles	Consejero	Guanajuato, Guanajuato, Méx.

Fuente: Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 151.

Como también expone Alma Parra, el periodo del Porfiriato dio entrada al capital extranjero y con ello vino un cúmulo de innovaciones tecnológicas que dieron forma y fuerza a las compañías de la época. Asimismo dice que "La Guanajuato Reduction and Mines Company controló todas aquellas minas que históricamente habían tenido una importancia vital para el desarrollo minero de la región, es decir, las colocadas a lo largo de 514 hectáreas sobre la Veta Madre que comprendían Valenciana con sus adyacentes, Tepeyac y la Esperanza, Cata y Sechó, el grupo Medallo y algunas minas aledañas y el grupo de Rayas".[397] Pues en una acepción global de la minería, de la segunda mitad del Porfiriato, "Fueron los capitales extranjeros los que lograron poner a funcionar otra vez la minería local y renovarla. Marvin Bernstein opina que lo que salvó a la minería mexicana fue básicamente la difusión del procedimiento de cianuración que permitió explotar minerales de baja ley a bajo costo a pesar de la tendencia baja de los precios de la plata en el mercado internacional".[398]

Finalmente la *United States Smelting, Refining and Mining Co*., fue de las primeras y más emprendedora en dar el paso al modernismo empresarial e industrial de la minería en el distrito de Pachuca-Real del Monte. La historia en el distrito de Pachuca-Real del Monte, en específico para este caso, se debió a la ruptura financiera del capital local que se gestó hasta el año de 1906, la *Compañía Real del Monte y Pachuca* (mexicana) fue vendida a la *United States Smelting, Refining and Mining Co*. (USSR&MCO de capital estadounidense),

[397] Alma Parra, 1994, p. 174.
[398] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 41.

mientras que –por sólo citar otros ejemplos de ese distrito- la *Compañía Santa Gertrudis* (también local), fue adquirida por la *Camp Bird Ltd*. (de capital británico), mientras que la *Compañía San Rafael* (de capital mexicano) continuo intacta de capitales foráneos.[399]

La *United States Smelting, Refining and Mining Co*., llegó para redefinir la zona minera tradicional de Pachuca-Real del Monte, su arribó fue similar al de *The Guanajuato Reduction*, pues la adquisición se dio como expone Ortega Morel: "La Real del Monte, que había permanecido como una empresa con extensas propiedades, resultaba costosa de adquirir. Durante el año de 1905 hubo ligeros dividendos, sin embargo en noviembre de ese año, se iniciaron negociaciones para su venta. El grupo estadounidense United States Smelting and Refining Company (USSRMCO) adquirió casi la totalidad de las acciones de la empresa, en una operación de $ 255,400 pesos, misma que fue dada a conocer en la Junta de la Mesa Directiva del 12 de febrero de 1906".[400] Ruiz de la Barrera expone, sobre la resistencia de los pretéritos dueños en venderla pues: "A pesar de los altibajos por lo que había atravesado la Real del Monte desde los años 1870, los accionistas se habían resistido a venderla. Por diversos conductos, inversionistas norteamericanos estaban interesados en adquirirla desde 1881. Para no rechazar abiertamente los ofrecimientos, los accionistas fijaron en dos mil pesos el precio unitario de las acciones. Nadie lo aceptaría, no sólo porque la Empresa apenas salía de una seria crisis financiera, aunque el valor más alto de estos títulos en el mercado había sido de 2, 500 pesos a finales en los primeros años de 1860".[401] Lo último sugiere la estrategia de resistencia de los dueños antiguos, por permanecer con la esperanza de hacer volver a su nivel de bonanza óptimo y rentable. Sin embargo, para 1906, la Compañía Real del Monte no logró sortear su deficiencia tecnológica y de producción, fueron los inversionistas norteamericanos, los que la reactivaron.[402]

De esta forma puede verse como ya había altas intensiones por adquirir la tradicional empresa minera, pues el contexto del Porfiriato preparó el terreno inversor para que los extranjeros tomaran una postura entusiasta al inyectar capital en las minas

[399] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, pp. 40-41.
[400] Javier Ortega Morel, *Minería y tecnología: la compañía norteamericana de Real del Monte y Pachuca, 1906 a 1947*, Tesis doctoral, México, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de México, 2010, p. 42.
[401] Rocio Ruiz de la Barrera, *La empresa de minas de Real del Monte (1849-1906),* Tesis doctoral, México, El Colegio de México, 1995, p. 333.
[402] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 41.

mexicanas. Para 1905, Felix Cuevas presidente de la asamblea de accionistas, "Aseguró que la situación de la Empresa 'se puede considerar buena'. Aunque también aceptó que la reforma monetaria, en detrimento del valor de la plata decretada ese año, repercutía en la 'reducción de cierta importancia de sus utilidades, pero sin hacer desaparecer éstas".[403] Esta sin duda fue una de las variables independientes que enfrascó a *La Real del Monte* en una situación a considerar las ofertas de los norteamericanos. Finalmente la compañía fue pasada a los extranjeros en 1906, la situación de la "Empresa pasaba a nuevas manos cuando aún era rentable. Los dividendos habían ascendido a 100 pesos por acción, 255, 400 pesos en total, durante 1905. En cambio de propiedad se realizó sin modificar el número de acciones ni sus estatutos […] En ausencia de los propietarios [de la *USSRMCO*], éstos fueron representados por Nicolás Martínez del Río, Julio M. Limantour y Luis Riba".[404]

Como puede observarse la temprana o tardía incursión de la inversión extranjera en la minería de la región centro, esto fue una variable dependiente para el cambio estructural de producción de metales preciosos, al menos en los distritos en estudio. Fue uno de los factores que dieron pauta a la modernidad y bonanza minero-metalúrgica durante el Porfiriato y tiempo posterior. Si bien sólo se muestra el evento de transición o inicio de una nueva fase en la minería de la comarca central, para distinguir el momento de transición del periodo tradicional al moderno.

3.3. Rendimiento y eficiencia: ciencia, tecnología e innovación en la minería (1876-1911)

3.3.1. De la tradición a la modernidad: productividad y producción

¿Cómo se define productividad en esta tesis? Productividad no es otra cosa que la capacidad que tiene un segmento (o todo en conjunto) de la industria y/o la empresa para producir –ya sea un producto o servicio-; es decir, la productividad va depender de su eficiencia de laboreo, y/o de la eficacia del trabajo humano y mecánico con el que cuenta la compañía, negocio, etcétera. En otras palabras: "la Productividad nos indica cuánto producto generan los insumos utilizados en una actividad económica. Esta medida expresada como un índice permite ver cómo ha cambiado esa relación entre productos e insumos a través del tiempo, es decir, si se ha vuelto más eficiente o no la transformación

[403] Rocio Ruiz de la Barrera, 1995, p. 334.
[404] Rocio Ruiz de la Barrera, 1995, p. 337.

de los insumos en producto".[405] Por tanto, el asunto de ciencia y tecnología es elemental, pues el "cambio tecnológico puede definirse como el proceso de mejora de las técnicas de producción dirigido a aumentar la productividad".[406]

¿Qué es producción en este contexto? La producción es el resultado final del procesamiento, ya sea de materias primas, naturales, y/o en este caso, de minerales que culminan en metales. Entonces la producción es el volumen de minerales procesados que dan como resultados un volumen de metales, esto es el primero y último objetivo de todo hombre inmiscuido en la explotación mineral, sea cual sea su ubicación geográfica en el planeta.

Pues es la cantidad final (la producción obtenida) la que va definir las ganancias o las pérdidas de un minero, empresa o industria. Por eso, tanto productividad, que es la forma y capacidad de producir, como la producción, que es el resultado obtenido del proceso, son términos no separados, sino complementarios. Es aquí donde entran los agentes científico-tecnológicos para optimizar la productividad y que la producción pueda ser mayor en su volumen.[407] En ese sentido, este pequeño apartado se expone las incursiones científico-tecnológicas más elementales de las tres empresas referidas, pues como se dijo anteriormente, esto es esencial para el comportamiento productivo y, definitivo para la producción minero-metalúrgica de oro y plata.

El beneficio por cianuración fue de los agentes científico-tecnológicos más elementales de la cuestión en estudio, para 1893[408] la fórmula de Forrest-McArtur fue aceptada por el gobierno mexicano, para beneficiar metales áureos y argentíferos. Fue en 1894 en el distrito minero de El Oro (Estado de México), es de las primeras veces que se implementó este sistema en México. Fue la hacienda del Cedro (o Beneficio Núm 2) la más moderna del país en su momento. Se generaron modificaciones radicales en el escenario rural y social. Fue tan efectiva su adaptación que para 1907 logró beneficiar 3, 353,87[409] toneladas métricas de mineral. De forma más precisa la innovación se dio mediante la "sustitución del sistema de amalgamación de El Oro en 1894 por James B. Haggin, al poco

[405] *El ABC de los indicadores de la productividad*, INEGI, México, 2002, p. 18, [En línea] http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/otras/abc-prod.pdf
[406] José María Ortiz Villajos, 1999, p. 38.
[407] José María Ortiz Villajos, 1999, pp. 39-40.
[408] José Alfredo Uribe Salas, 2003, p. 50.
[409] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 247.

tiempo se extendió a Tlalpujahua y permitió obtener hasta 80 y 87% en los minerales de plata, y 99% en los de oro".[410] La pronta introducción y adaptación de plantas de cianuración en El Oro y Tlalpujahua. Mientras que, en Guanajuato a penas en 1902 planteaban la posibilidad de modernizarse lo lograron hasta 1905 y de Pachuca y Real del Monte ni se diga, hasta 1907 materializaron su adaptación.

Tabla 26: *Sistemas empleados en el beneficio de metales preciosos, 1877-1907.*

Sistemas	1877-1894	1900	1907
Patio	**66,7**	**51,1**	**21,2**
Fundición	18,9	24,6	30,4
Lixiviación	7,2	15,0	9,1
Concentración	7,2	7,5	25,6
Cianuración	**--**	**1,8**	**13,7**

Fuente: José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 230.

Antes de avanzar, hay que explicar la dinámica de la *Tabla 24*, bajo el siguiente argumento: independientemente de la continuidad de sistemas tradicionales de beneficio (como el de Patio y la Fundición) que más bien, continuaron con vigencia y considerable aplicación ya entrados en el siglo XX, era por las pequeñas y medianas empresas que no podían costear una nueva infraestructura de beneficio de corte industrial (como la requerida por la Cianuración).[411] E incluso la propagación de otros métodos novedosos (como la Concentración) vistos en la tabla anterior, representan un alto porcentaje de aplicación, respecto de la Cianuración. Para dar explicación a la implementación de otros métodos, se puede tomar la siguiente consideración:

> La extracción creció más de prisa que el beneficio de os metales durante el período para el se tienen datos completos, o sea, de 1897 a 1907; el hecho se debía, las más de las veces, a que se eliminaban del beneficio los minerales pobres, y en otros casos a la incapacidad de las haciendas de beneficio. Pero de más significación fue la zona de explotación minera sufrió marcados desplazamientos durante el Porfiriato: mientras en 1877 el 46.3% de la producción se hallaba en los estados del centro, en 1900 la mitad correspondía a los del norte, y en 1907 llegó hasta casi el 57%. En efecto, los productos auroargentíferos, localizados en el centro, sobre todo en los estados de Guanajuato, Hidalgo, México, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí y Zacateca, fueron los determinantes del valor de la producción minera nacional hasta 1889. […] creció la utilización de los minerales industriales no ferrosos, sobre todo cobre, hierro y plomo, la explotación se desplazó hacia el norte, Pacífico norte y Pacífico sur: Coahuila, Chihuahua, Tamaulipas, Baja California,

[410] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 208.
[411] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 230.

> Sonora Guerrero, Oaxaca, Jalisco, Michoacán, Morelos y Puebla. En el aspecto metalúrgico, las haciendas de beneficio del centro del país trataron el 47% de minerales en 1877, el 32.5% en 1900 y el 43.1% en 1907.[412]

Bajo esta compleja diversificación de producción y regiones de explotación mineral, se puede decir que esto explica el uso variado de métodos y su alto volumen de aplicación, que en el caso de la Fundición y Concentración, para 1907, rebasaba el porcentaje de su uso, sin embargo, para el tratado de la tesis no se sugiere que la "fractura estructural" haya desplazado definitivamente a otros métodos, sean "viejos" o "nuevos" (respecto de la importancia que le doy a método por cianuro), lo que sí busco exponer es que la Cianuración fue un elemento más (de innovación radical) que se suma a la rasgadura de las formas de operación y producción de la minería tradicional mexicana. Y además este último método fue posicionándose con relevancia en el nuevo esquema minero. Pues la cianuración va a matizar (en gran parte) el proceso gradual de la ola de grandes cambios científico-tecnológicos de la era porfirista.

Con la exposición de esta tabla se busca evidenciar como poco a poco se diversificó el rubro de métodos metalúrgicos; obsérvese además el detrimento del método de Patio y el ascenso del cianuro. Recuérdese que durante la época colonial y siglo XIX, yace un enconado apego al método de Bartolomé, lo cual, para el régimen de Díaz la gama de métodos era más amplia. Además, con respecto al tratado de las empresas en cuestión, no necesariamente se aplicaron los métodos tradicionales en el beneficio. Por ejemplo, "'Las Dos Estrellas' nunca utilizó el procedimiento de beneficio de amalgamación por patio ni el de fundición en el tratamiento de sus menas".[413] Lo cual deja en claro que el nuevo crisol minero y el contexto internacional del mercado metalífero exigían una constitución de plantas de alta producción y eficiencia, donde los métodos tradicionales poco tenían ya que competir frente en el mundo de la Segunda Revolución Industrial.

Regresando al tema de la cianuración a través de las empresas, fue en la primera década del siglo XX, que la *Compañía Minera Las Dos Estrellas* una de las pioneras en equipar su proceso productivo y de producción con las novedades científicas y tecnológicas

[412] Guadalupe Nava Oteo, 1992, pp. 351-352.
[413] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 229.

habidas en la época. Una de las innovaciones tecnológicas que mayor impacto generó tanto en la productividad como en la producción de metales fue sin duda, el beneficio por cianuro. A continuación agrego de forma textual algunos datos sobre las innovaciones que introdujo la Compañía, esto con el fin de ser más puntual y exponer cómo era funcionamiento en la ya minería mexicana de tipo moderna:

> El sistema de cianuración comenzaba cuando el mineral extraído de las minas de "Las Dos Estrellas" era conducido por medio de un tranvía eléctrico, sistema "Westinghouse", a las quebradoras de las unidades industriales de beneficio […] La hacienda de beneficio Núm. 1, contaba con 5 quebradoras "Blake" de 9" x 15, en tanto que la hacienda Núm. 2, o del Cedro, tenía 6 quebradoras de la misma naturaleza. De las quebradoras el material iba a las baterías, donde la acción de los mazos -104 golpes por minuto- reducían a polvo el mineral. "Las Dos Estrellas" llegó a tener 250 mazos en sus dos unidades industriales, de los cuales 210 pesaban mil 200 libras y el resto mil libras. Cada mazo tenía una capacidad de molido de 3,84 toneladas cada 24 horas, lo cual nos da por término medio mil toneladas de mineral diarias […] En términos generales, en "Las Dos Estrellas" 80% se trataba como lamas y el restante 20% como arenas. En la hacienda de beneficio Núm. 1 (HB Núm. 1), el mineral contenía como promedio 209,6 gramos de plata y 29,7% del oro eran extraídos a su paso por las baterías. En la hacienda de beneficio Núm. 2 (HB Núm. 2), el contenido del material era de 197,9 gramos de plata y 11,29 gramos de oro por tonelada –molidos en solución a 0,12% Kcy- y allí 17,7% de la plata y 33,3% del oro eran disueltos en las baterías […] Sobre esas bases, el desarrollo económico de la compañía modificó pronto el panorama minero de México, caracterizado por el deterioro creciente de los niveles de productividad […] La Hacienda de Beneficio Núm. 2, o del Cedro, llegó a ser considerada la unidad industrial de esa naturaleza mejor equipada de la República mexicana.[414]

De esta forma *Las Dos Estrellas*, fue acoplando las tecnologías a su aparato productivo y, al paso de los años, obtuvo resultados benéficos en la producción de oro y plata. En el último apartado mostraré cuál fue el resultado definitivo de la modernización de esta empresa.

El segundo distrito minero de la región central de México en incursionar el método de cianuración fue Guanajuato. Su efectividad, fue la obtención del 90% de plata y oro respecto del mineral tratado.[415] El éxito de esta novedosa instalación industrial, se vio beneficiada por la implementación de la energía eléctrica, la operación de dicha energía, resultó con un costo económico (de producción eléctrica mensual: $833.33). Esta se originada y desarrollada en Zamora (Michoacán), en el río Duero. La implementación de la

[414] José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 235, 237, 239 y 241.
[415] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 226.

electricidad generada en Michoacán, fue producto de la inversión de capital norteamericano, formando la *Guanajuato Power and Electric Company*, conectando a todo el Bajío y suministrando energía a la actividad minera del distrito de Guanajuato. Esta empresa eléctrica era subsidiada por *The Guanajuato Consolidated Minig and Milling Company* (GCMMC).[416]

Y en específico *The Guanajuato Reduction and Mines Company* (*GRMC*), una de las tres en estudio, y para dar paso a sus modernidades, primero voy a citar un antecedente de la inversión plena de la nueva administración norteamericana. Pues en la obra de Meyer Cosío, se lee que "Para los estadounidenses, tanto el trabajo de los buscones como el avío eran aberraciones, la suma de lo inadecuado en todos sentidos, la obsolescencia en su máxima expresión. Desde el punto de vista mexicano, en este caso específico de la Casa Rul, era la única posibilidad de explotación; se trata de la sobrevivencia zozobrante [*sic*] de una minería empobrecida. Dos realidades económicas tenían sendas visiones de un mismo fenómeno, y los estadounidenses pensaban y escribían como si su actuación fuera tipo *deus ex machina*".[417] Es decir, se puede rescatar una idea, de que las empresas finiseculares mexicanas del sector minero y que tienen su origen años anteriores al Porfiriato, van a cerrar el siglo con cierta presión económica y una marcada limitación tecnológica. Factor que presionó a las viejas estructuras económicas (empresas), cuestión que terminó por redefinir una nueva reorganización, que tuviera capacidad de responder a las exigencias del mercado exterior. Las negociaciones tradicionales que lograron sobrevivir al siglo diecinueve, no duraron mucho, el nuevo ritmo durante los primeros años del siglo XX va a ser definitivo, pues obligó a los empresarios locales a ceder sus empresas a los capitalistas extranjeros.

La *GRMC* al poco tiempo de haberse erigido, comenzó con el proceso de introducción y adaptación científico-tecnológico, es decir, su modernización. "El proceso de beneficio tiene en el caso de la GRMC una característica distintiva: la planta estaba situada en dos instalaciones lejanas que se conectaban entre sí con una tubería. La GRMC

[416] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 69.
[417] <<Deus ex machina se utiliza en el sentido de que una entidad superior interviene en una situación caótica volviéndola coherente>> en: Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 149.

estaba orgullosa de la solución que le dio al problema de la falta de espacio para ubicar sus instalaciones de beneficio […] Esta gigantesca empresa tenía una de las plantas más completas de Guanajuato. Debido a lo especial de las condiciones en donde la GRMD [*sic*] tenía sus concesiones, la empresa dividió en tres unidades sus instalaciones de beneficio".[418] Las unidades de procesamiento para el beneficio eran: la hacienda de Bustos (aquí se hacía la molienda del mineral); la hacienda de Flores (separación química por cianuración); y hacienda San Francisco de Flores (fundición). Vemos como aquí alcanza a sobrevivir el método tradicional de Fundición, empero, véase como comienza a protagonizar el cianuro. "Con esta infraestructura había la posibilidad de trabajar de 20 000 a 22 000 ton de menas mensualmente".[419] Con tal afirmación de Meyer, se puede apreciar la dimensión de nueva organización empresarial arribada, con un estilo modernizador que se ve reflejado en la capacidad productiva y de producción. Y como expone Ortega Morel, respecto a la introducción de la minería en Real del Monte y Pachuca:

> La Compañía de Real del Monte y Pachuca, había desarrollado sus propias experiencias sin la intervención de la oficina metalúrgica de MacArthur-Forrest, sin embargo, a propuesta del apoderado legal Sr. Lic. Pablo Martínez del Río, y para evitar conflictos y posibles demandas, se acordó con la "Compañía del sistema patentado de cianuración MacArthur-Forrest" hacer un pago por regalías de $ 12,000.00 pesos por una capacidad de molienda en las haciendas de 80 mazos y, el pago de $ 101.4 pesos por cada mazo extra. Sin embargo, el documento no explicita la temporalidad del pago.[420]

Mientras tanto, el distrito que se rezago en materia de modernización fue el de Pachuca-Real del Monte respecto de El Oro-Tlalpujahua y Guanajuato. ¿Cuál era el contexto científico y tecnológico de la minería tradicional de la Compañía de Minas de Real del Monte y Pachuca a principios del siglo XX? La *CMRMP* implementó ciertas medidas como reducción de gastos secundarios, esto para sortear la crisis suscitada en la década de 1870. Para la década de 1880 el método por toneles recuperó su uso en las tareas de beneficio, tanto que en el segundo lustro de 1890 casi el 50% de los minerales se encaminaba a este sistema.[421] Aunque habrá que recordar que el beneficio por toneles nunca superó al método tradicional por patio. En el estudio de Rocío Ruiz de la Barrera se

[418] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 230.
[419] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 232.
[420] Javier Ortega Morel, 2010, pp. 178-179.
[421] Rina Ortiz Peralta, 1991, pp. 78-80.

argumenta que en "1888 se había ensayado la amalgamación en crudo en toneles de madera. Esta técnica consistía en emplear una solución caliente de protocloruro de cobre como desulfurizador [*sic*] de la plata, la cual, una vez libre, se amalgaba con el mercurio. Pero no dio mejores resultados que el antiguo sistema de patio".[422] Sin duda, se presenciaron muchos intentos por optimizar los costos de la producción minera, intentos que se pueden traducir como innovaciones de tipo incremental. Todavía a finales del siglo XIX, e incluso en el inicio del XX en Pachuca-Real del Monte el método de amalgamación por patio era el más eficiente en materia de beneficio de plata. Los empresarios mexicanos se aferraron a este sistema y se buscó modernizarlo. Pero la rasgadura a la práctica tradicional, ya estaba en proceso de evolución, cambio que se fraguó gradual y parcialmente.

En el ocaso del siglo XIX y surgimiento del XX, "se invirtieron más de cien mil pesos en el 'rejuvenecimiento' de la hacienda de Loreto, de los que el 60 por ciento fue para la adquisición de molinos y el 21 por ciento para electromotores y transformadores. En síntesis, éste consistió en la instalación de quebradoras, molinos de acero sistema chileno, arados eléctricos que repasaran las tortas (inventados en 1904 para la Empresa) y mezcladoras mecánicas".[423] Hasta aquí vemos que la preocupación de los empresarios por incursionar algunas *innovaciones incrementales* a la minería tradicional.

Por otro lado, en 1905 comienza el fin de una de las empresas más longevas de la minería mexicana, la *CRMP* fue en disminución junto con el valor de la plata. Debido a la reforma monetaria de ese año, se afectó profundamente la actividad minera, que estribó en que México optó por el patrón oro. Y aunque que el gobierno de Porfirio Díaz implementó medidas proteccionistas, no lograron sobrevivir a los efectos de la crisis económica varias empresas, entre ellas la tradicional *CRMP*. Pues el valor de la plata en 1905 descendió de 4, 091.50 a 3, 808.48 pesos el kilogramo, esto tan solo en menos de tres meses.[424]

Ahora bien, recuérdese que la Compañía de Minas de Real del Monte y Pachuca fue adquirida por empresarios norteamericanos en 1906, y que esta se convirtió en la *United States Smelting Refining and Mining Co*., empresa que se refiere para esta investigación en este capítulo. De las tres empresas en comparación –respecto a la modernización-, en

[422] Rocío Ruiz de la Barrera, 1995, pp. 322-323.
[423] Rocío Ruiz de la Barrera, 1995, p. 324.
[424] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 41; Rocío Ruiz de la Barrera, 1995, p. 328.

último momento está la *United States Smelting Refining and Mining Co*. Dicha empresa comenzó a dar un nuevo ritmo al distrito minero de Pachuca-Real del Monte. Para diferenciar de mejor forma la nueva operatividad de las compañías, respecto de la tradicional, a continuación se presentan algunas de las modificaciones o incursión de tecnologías:

> Malacates eléctricos: se habían instalado trece malacates, uno de 250 Hp, cuatro de 110 Hp y el resto de 60 Hp., todos ellos con dispositivos de frenos mecánicos automáticos con accionamiento neumático y embragues. Los sistemas de bombeo accionados por vapor serán reemplazados por bombas centrífugas accionadas por motores eléctricos. Los compresores y perforadoras permitirán reducir os costos de explotación y darle mayor rapidez al trabajo en las minas. Beneficio: se ha completado una planta de molienda de 200 toneladas junto con una planta de cianuración. El total de personal ocupado es de 4,120. Para los trabajadores se tiene un hospital de Real del Monte equipado con los avances de la medicina y atendido por un equipo médico [entre otras innovaciones más].[425]

Para exponer en forma más completa, también se refieren algunas de las innovaciones científico-tecnológicas de las otras dos empresas en cuestión. Por ejemplo, en *The Guanajuato Reduction And Mines Company*, desde un inició hizo notar su preocupación por modernizar el viejo esquema de producción minero adquirido:

> […] en Guanajuato se construyó una subestación que transformaba los 60,000 volts de la línea en 15,000, más manejables; de ahí se conducía a las plantas de cada empresa que de acuerdo a sus capacidades y necesidades compraban la electricidad. […] Los mazos vinieron a sustituir los viejos molinos chilenos movidos por mulas, con piezas y ejes de madera. La idea de los mazos provenía esencialmente de la minería californiana, donde la producción de oro ocupaba el lugar más importante. […] el tránsito de sangre a electricidad habría de jugar un papel también importante y se reflejó de una manera clara en lo acontecido con los molinos de mazo; según Percy Martin, hacia 1905 ya había unos 580 molinos de mazo operando diariamente en Guanajuato, lo que daba un volumen cercano a las 54,375 toneladas de mineral tratadas mensualmente.[426]

Por otro lado, también la *Compañía minera "Las Dos Estrellas"*, de El Oro/Tlalpujahua, hizo los respectivos equipamientos tecnológicos:

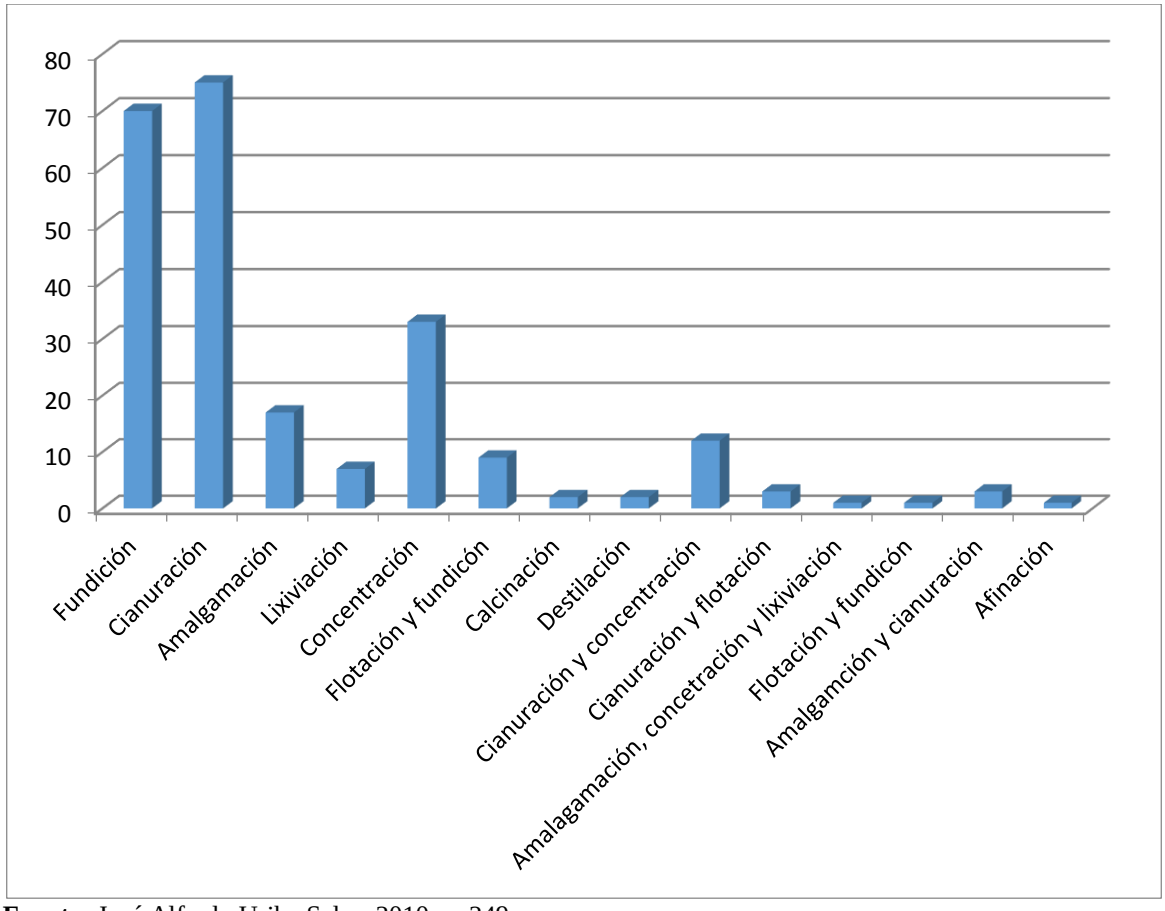
> La electricidad permitió, a su vez, grandes economías y una eficiencia superior en la explotación, el arrastre, el bombeo, el transporte, la ventilación, la iluminación y otras tantas actividades propias de la actividad minero-metalúrgica. Un informe

[425] Javier Ortega Morel, 2010, p. 43.
[426] Oriel Gómez Mendoza, 2013, pp. 160-161 y 163.

> técnico alude a este hito en la historia de la minería en la región, al hacer uso la empresa de la fuerza eléctrica que le proporcionó The Mexican Light and Power Co. (Compañía Mexicana de Luz y Fuerza S.A.) en cerca de cuatro mil caballos de fuerza necesaria para accionar ininterrumpidamente […] El método [de excavación en las minas] que caracterizó esa fase primaria el *tirar* y *parar*, que impuso desde el principio una división del trabajo entre cuadrilla, las que, primero con picos y barretas, y después con perforadoras neumáticas, se dedicaban a tumbar el mineral en los frentes […][427]

De esta forma puede notarse como las nuevas organizaciones empresariales introdujeron un nuevo esquema de trabajo, obviamente basado en los agentes de ciencia, tecnología e innovación. Como vemos, la ciencia y la tecnología están impregnadas en la productividad y producción minero-metalúrgica. Si hago una exposición muy parcial sobre este aspecto, es con el objetivo sólo de indicar de forma muy puntual los cambios efectuados bajo las nuevas administraciones mineras.

Gráfica 9: *Diversificación de plantas y métodos metalúrgicos en México, 1921.*



Fuente: José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 249.

[427] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 215-216.

3.3.2. Balance final: ¿qué compañía o distrito minero adoptó mejor los agentes modernizadores a favor de su producción?

Por lo expuesto en este último capítulo, y en lo global a lo largo de la tesis, sólo queda reafirmar ¿Qué compañía minera adoptó mejor los agentes modernizadores a favor de su producción? ¿Ciencia, tecnología e innovación fueron claves para el éxito de la coyuntura económico-minera en la región centro de México? ¿La minería de oro y plata del centro fueron o no desplazadas de las preferencias de la industria minera operante en el país? para efecto de resolver de manera óptima las interrogantes finales, voy contestar cada una con base en la información que tengo a la mano de las empresas en cuestión: *Compañía Minera Las Dos Estrellas*, *The Guanajuato Reduction and Mines Company* y la *United States Smelting Refining and Mining Company*. Se recalcar que los resultados obtenidos en la investigación, y más precisamente en este último apartado, con relación a la comparación de las empresas mencionadas, se limitan al periodo de su pronunciamiento como sociedades activas y operantes, hasta la conclusión del Porfiriato.

Por la información que se logró recabar, de la cual se realizó una depuración y simplificación con el fin de precisar sobre los objetivos centrales de la hipótesis, las cifras obtenidas que dan finiquito a la tesis son parciales y se ajustan a ésta, pues como se ha visto las empresas en estudio no iniciaron al mismo tiempo, esto va a definir que para 1911 el desarrollo de estás no sea equiparable. Los resultados obtenidos en este apartado definen claramente a una de las tres compañías como la de mayor beneficio por la ciencia y la tecnología, sin embargo, no significa que las otras dos no tuvieran un futuro próspero y con un mayor equipamiento. Sólo se puntualiza que el espacio que delimita el estudio va entre 1898, que es cuando inició operaciones *Las Dos Estrellas,* y fue la primera de la tres bajo investigación. Recordemos que la segunda empresa en estudio es *The Guanajuato Reduction and Mines Company,* la cual arrancó operaciones en 1904, seis años después de *Las Dos Estrellas*. Pero un poco después, inició en 1906 la *United States Smelting Refining and Mining Company*, por lo tanto, ocho años más tarde que *La Dos Estrellas*. Entonces el rango de comparación de estas empresas se limita entre 1906 y 1910-1911 (según los datos que se encuentran al respecto), es decir, los resultados obtenidos son a partir de la contrastación empresarial de este margen temporal. Ya que unos de los objetivos es demostrar la eficiencia, economía y maximización productiva y de producción gracias a la

introducción de elementos científicos y tecnológicos en las empresas. Y por supuesto, comprobar que ciencia, tecnología e innovación fueron los agentes que hicieron de la coyuntura minera tradicional mexicana, un renovado sector industrial de corte moderno.

Para dejar más en claro lo antes expuesto, se hace énfasis en lo siguiente. El primer distrito en realizar cambios radicales fue El Oro-Tlalpujahua, que pasó de negocios y empresas pequeñas a grandes empresas (internacionales), una de las principales –obviamente- fue ***Compañía Minera Las Dos Estrellas*** (en 1898, con capital francés). En Guanajuato para finales del Porfiriato "había más de 70 compañías, la mayoría estadounidenses y pocas mexicanas".[428] Algunas de las más importantes del distrito fueron: *La Asunción y Anexas*, que data de 1868 (de capital local); *The Guanajuato Consolidated Mining and Milling Company*, de 1898 (de capital estadounidense); otra importante fue la sucesora de *La Casa Rul*, es decir, ***The Guanajuato Reduction and Mines Company*** (de capital estadounidense), en 1904.[429] En Pachuca-Real del Monte –retomando la década de 1870-, surgieron algunas empresas como: *Compañía San Rafael y Anexas*, creada en 1874 (capital local); *La Blanca y anexas*, que data de 1876 (de capital pachuqueño); la empresa más preponderante de Hidalgo en el siglo XIX, fue la *Compañía Real del Monte y Pachuca* que data de 1849 a 1906 (capital local). En el caso de Pachuca-Real del Monte fue más tardía la incursión de inversiones extranjeras en 1906 con la ***United States Smelting Refining and Mining Company*** (capital norteamericano), y eso va a ser una limitante en su estructura de producción.[430] En la siguiente tabla se presentan los montos iniciales de inversión de los nuevos capitalistas mineros:

[428] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p.101.
[429] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, pp. 103-159.
[430] José Alfredo Uribe Salas y Rubén Darío Núñez Altamirano, 2011, pp. 458-466; Rocío Ruiz de la Barrera, 1997, p. 297.

Tabla 27: *Inversiones iniciales de las empresas en comparación.*

Compañía Minera "Las Dos Estrellas"	***The Guanajuato Reduction and Mines Company***	***United States Smelting, Refining and Mining Co.***
"Las Dos Estrellas", surgió a la vida económica con un capital de **150 mil pesos**. Formalizó en 1898.	La GRMC se organizó en Denver, Colorado, fundada en 1904. Se le autorizó un capital de casi **10, 000, 000** de dólares.	El grupo estadounidense United States Smelting and Refining Company (USSRMCO) adquirió casi la totalidad de las acciones de la empresa, en una operación de **$ 255,400 pesos**.

El orden citado de los autores, corresponde al de las empresas: José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 143; Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 150; Javier Ortega Morel, 2010, p. 42.

Con base en la notable diferencia de los montos de inversión inicial, es necesario dar una explicación al respecto. La primera variable es la "temporalidad" en que se comenzó con los proyectos de inversión (a manera de relevo de las negociaciones de tradición familiar) o en su caso de "Las Dos Estrellas", su nacimiento como tal. El hecho de que esta última empresa fuera la primera de las tres en cuestión, significó literalmente una gran ventaja. Uribe Salas arguye que "el ingeniero Francisco J. Fournier, descubrió la potente Veta Verde, que daría fama mundial al distrito minero. Fincada en este hallazgo, y con un capital social original de 150 mil pesos, dicha empresa se formalizó en 1898, […] ese fenómeno se explica, indudablemente, debido a los espectaculares descubrimientos de oro y plata –cuando la demanda internacional del metal amarillo se encontraba en su mejor momento-, los cuales permitieron a los inversionistas amortizar sin prematura los primeros y subsiguientes desembolsos en instalaciones y maquinaria […] Un tercer elementos que contribuyó a su proyección fue el respaldo que obtuvo de prestigiosas instituciones financieras francesas: el Banque Franque Egyptienne y el Credit Lyonnais. Sobre estas bases, "Las Dos Estrellas" se erigió en un sofisticado complejo industrial que llevó a la cima las labores minero-metalúrgicas en el ámbito nacional".[431] Eso explica el éxito de *"Las Dos Estrellas"* en forma rápida y con solides: 1) riqueza de las vetas, lo cual le permitió invertir en tecnología y ciencia de última generación; 2) momento de auge a causa de la buena aceptación del mercado metalífero; y 3) el respaldo económico organismo financieros extranjeros.

[431] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 146-147.

Luego, *The Guanajuato Reduction and Mines Company*, a diferencia de empresa antes referida, adquirió una longeva infraestructura de la *Casa Rul*. Meyer Cosío destaca: "La antiguas posesiones Rul no bastaron para la diez veces millonaria empresa, y a fines del mismo 1904 Charles Van Law, Robert T. Hill y Louis Noble, a nombre de su compañía, emprendieron una agresiva política de expansión".[432] A diferencia de *"Las Dos Estrellas"*, los nuevos gestores de *The Guanajuato Reduction* versarían en la logística, es decir, en la capacidad de adaptar e innovar la infraestructura tradicional, sobre ello, Gómez Mendoza anota que "la *Guanajuato Reduction* a diferencia de la *Casa Rul* convirtió las bombas ya instaladas de vapor en eléctricas, a las vez que adquirió más de estas últimas para instalarles en lugares importante como el tiro de Cata, Mellado y Rayas por ejemplo, específicamente un par de bombas Aldrich quintuplex, las cuales tenían la capacidad de extraer 600 galones por minuto".[433] Estos y otros cambios fueron poco a poco matizando la antigua planta en un escenario moderno. Pronto se hizo notar la nueva compañía norteamericana en términos de innovación científico-tecnológica y buena fluidez financiera, lo cual evidenció las carencias de la Casa Rul.[434] Sin embargo, la *Guanajuato Reduction*, aproximadamente a los dos años de su inversión tuvo problemas de orden judicial, precisamente por cuestiones de ciencia y tecnología, pues comenzó sus operaciones de metalurgia por cianuración, sin la concesión de permiso de este procedimiento. El problema se dio como cuenta Meyer Cosío:

> La GRMC también tuvo serias dificultades, en marzo de 1906, con la empresa Mexican Gold and Recovery Company, que era la única concesionaria en México de la patente del método de cianuración MacArthur-Forrest. La Mexican Gold and Silver a través de su generente Ernest DuBois entabló una demanda penal contra la GRMC cuando esta empresa empleó el método MacArthur-Forrest sin pagar los derechos correspondientes. La planta de beneficio de la GRMC fue clausurada por el primer juzgado de lo criminal en Guanajuato y a un ingeniero estadounidense de la GRMC se le encarceló. Cuando el gerente Van Law viajó a la ciudad de México para arreglar el problema jurídico en el que estaba su empresa, sostuvo que ninguna empresa que usaba cianuración en Guanajuato pagaba los derechos correspondientes a la Mexican Gold and Silver, lo que DuBois negó. La dificultad se superó mediante una negociación extrajudicial, en la que la GRMC pagó 12 000 pesos a la Mexican Gold and Silver por uso perpetu del sistema MacArthur-Forrest.[435]

[432] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 151.
[433] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 69.
[434] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 60.
[435] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, pp. 157-159.

Quizás este último ejemplo, fue uno de los obstáculos serios que enfrentó la GRMC. La desventaja ante "Las Dos Estrellas" recidía en que la inversión se pocos años más tarde. Mientras que el distrito minero de Pachuca y Real del Monte, la empresa en estudio *United States Smelting, Refining and Mining Company*, al igual que la anterior empresa tratada, la *United States Smelting*, compró la vieja negociación minera, la *Compañía Real del Monte y Pachuca*, empero, esta fue adquirida en 1906.[436] Una de las causas principales del desistimiento de la empresa mexicana CRMP, fue que al inicio del siglo XX hay una incongruente función en las finanzas respecto al contexto económico de los metales preciosos. Tal como expone Ruiz de la Barrera en su tesis doctoral: "la Real del Monte se encontró frente a las repercusiones que le significaba la reforma monetaria de 1905, en detrimento del valor de la plata. Ante este cambio en la economía del país, las finanzas de la Compañía resultaban seriamente amenazadas por las restricciones para acuñar plata y la fluctuación de su valor en el contexto internacional".[437] Esto generó gran presión a la CRMP, lo que obligó a ceder sus posesiones al capital norteamericano. Para matizar de forma más clara los efectos y las variables del rendimiento de sus inversiones de las empresas en juego, es pertinente explicar el parte científico-tecnológico. O mejor dicho, el efecto que causó la adopción del método de cianuración, icono de la metalurgia moderna.

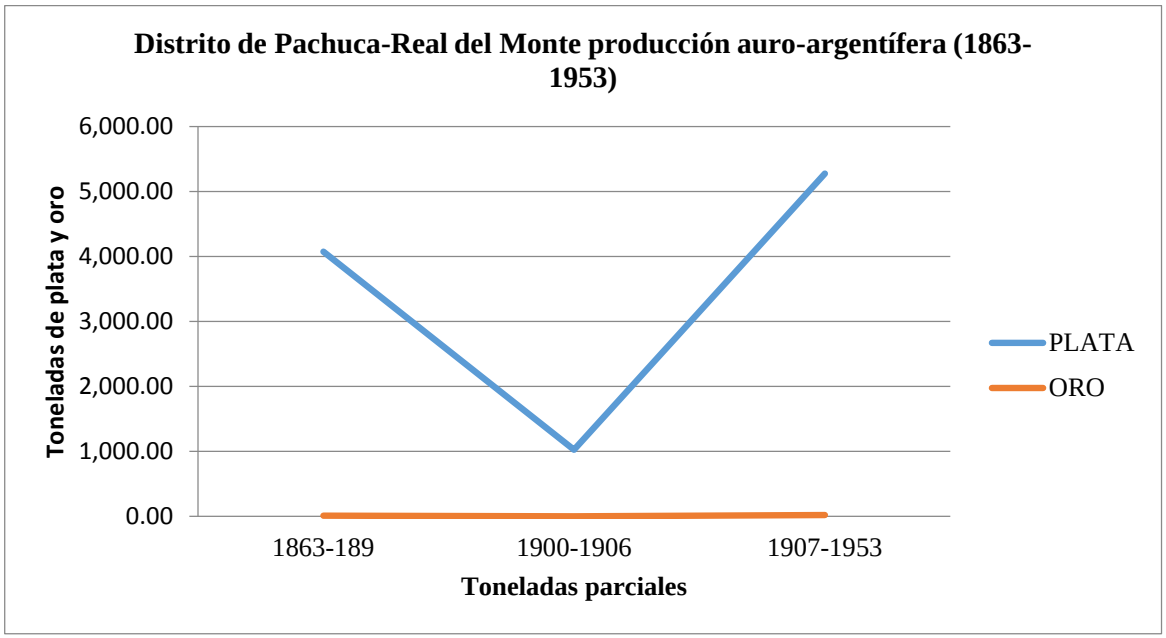
¿Qué compañía minera adoptó mejor los agentes modernizadores en favor de su producción? La introducción y adaptación de la cianuración fue más bien una necesidad que tuvieron que cubrir para llevar a un nivel competitivo la actividad minero-metalúrgica de México. Por lo tanto, la visión de empresas y/o empresarios, fueron los que hicieron un trabajo de modernización a la par de sus inversiones. Por ejemplo, la *Compañía Minera "Las Dos Estrellas"* (en El Oro-Tlalpujahua), en uno de sus segmentos, equipó un complejo industrial, conocido como el Cedro que ni siquiera "la antigua hacienda de Loreto, en Pachuca, reconvertida del sistema de amalgamación al de cianuración a un costo de $818 mil, ni la moderna planta de Guerrero que la United States Smelting, Refining & Mining Co. (USSR&M Co.), construía entre Real del Monte y Omitlán, pudieron rivalizar en capacidad y eficiencia".[438] Sin duda, la inversión y modernización que demandaba la minería nacional, puede notarse los resultados en la producción de dichas empresas.

[436] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 41.
[437] Rocio Ruiz de la Barrera, 1995, p. 327.
[438] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 241.

Para el cierre del capítulo, se refieren primero, los resultados de la *United States Smelting, Refining and Mining Company*, después los de *The Guanajuato Reduction and Mines Company*, y finalmente los de *La Compañía Minera Las Dos Estrellas*. La poca información que se obtuvo sobre la *United States Smelting, Refining and Mining Company*, evidencia que para el ocaso del Porfiriato, era una empresa de alto nivel. En primer lugar, el sistema por cianuro llegó a Pachuca-Real del Monte hasta 1907. Su aplicación se inició en las haciendas de San Francisco, La Unión y Loreto,[439] sitios que fueron modernizados. Para exponer de forma parcial su beneficio en la producción se toman algunos datos que rebasan por poco el periodo porfirista: "La Compañía de Pachuca y Real del Monte propiedad de la United States Refining and Mining Company (USSR&M) es un ejemplo de una empresa afortunada durante estos años. En el primer lustro de la década 1910-1920 la CRMP tuvo una bonanza que 'según se cree' contribuyó con casi el 20% de las ganancias de su casa matriz cuya utilidad neta fue de $4, 300,000 dólares en 1915".[440] Por lo que se lee en este información proporcionada por Herrera Canales y Ortiz Peralta, la *United States Refining and Mining Company* logró ser una de las de mayor rango en la región. Al respecto de la cianuración, Ortega Morel[441] dice que en dicho centro minero la sofisticación industrial del complejo sistema de beneficio por cianuro, se efectuó en el periodo postrevolucionario, sin embargo, vemos que la en la década 1910-1920, dicha compañía era ya, una de las más modernas y productivas de mineral. A continuación se agrega una gráfica que expone la producción auro-argentífera del distrito minero de Pachuca-Real del Monte, entre 1863 y 1953 según Ortega Morel:

[439] Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta, 1994, p. 40; Javier Ortega Morel, *Un aproximación a la Historia de la Minería del Estado de Hidalgo*, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/SEP-FOMES/Colección RAÍCES HIDALGUENSES, 1997, p. 25.
[440] Inés Herrera Canales y Rina Ortíz Peralta, 1994, p. 44.
[441] Javier Ortega Morel, 2010, pp. 174-185.

Gráfica 10: *Decadencia y recuperación de la producción de metales precisos en Pachuca-Real del Monte.*



Fuente: Javier Ortega Morel, *Un aproximación a la Historia de la Minería del Estado de Hidalgo*, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/SEP-FOMES/Colección Raíces Hidalguenses, 1997, p. 32.

Las cifras que se plasman en la gráfica refieran la oscilación en la producción de oro y plata en términos de toneladas parciales del distrito de Pachuca-Real del Monte. Para los años de 1863-189 la producción de plata era de 4,074.5 toneladas y de oro 12.26; para 1900-1906 la producción de plata era de 1,026.4 toneladas y de oro sólo 3.59 toneladas; y de 1907-1953 el aumento en producción aurea fue significativa, pues aumento a 5,278.4 toneladas y de oro fueron 23.49 toneladas.

En segundo lugar refiero a *The Guanajuato Reduction And Mines Company*, empresa que se erigió sobre *La Casa Rul*, a partir de 1904. Sobre cifras alusivas a la producción sobre los años que se requiere datar, Meyer Cosío dice que "No se han localizado muchos testimonios de la GRMC sobre su operación financiera. Sus cuentas eran bastante buenas en 1905 y en el año de 1910 la empresa produjo 44 213 kg de plata y 556 kg de oro, cantidades muy semejantes a las obtenidas de 1906 a 1909, pero hay un vacío de información hasta enero de 1914 […]".[442] Al respecto, Gómez Mendoza expone que "la *Guanajuato Reduction* trataba aproximadamente 20,000 toneladas de mineral al mes, es decir, aproximadamente 240,000 toneladas al año […] La producción anual de la

[442] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, p. 156.

Guanajuato Reduction se ubicó en $3, 000,000, casi el triple de lo pagado en 1904, cuando adquirieron las minas de Casa Rul".[443] Por lo visto, los empresarios norteamericanos pronto cubrieron lo invertido para la adquisición minera. "La GRMC fue una de las principales compañías mineras estadounidenses que se fundó para explotar el subsuelo guanajuatense. En este caso se trató de las minas de más prestigio y abolengo. Sobre los vetustos labrados en cantera de la casa del administrador de la mina de Valenciana, se colocó un letrero con la leyenda 'Guanajuato Reduction and Mines Company'".[444]

Mientras en un contexto general "La minería guanajuatense, sin embargo no sufrió una violenta caída con la revolución. Para entonces, la producción de Guanajuato en su totalidad se estimaba al igual que en 1910 en una cifra de alrededor de $14, 000,000".[445] Así podemos ver cómo *The Guanajuato Reduction and Mines Company*, se colocó como unas de las de mayor potencial en el distrito de Guanajuato, y d importancia nacional.

Finalmente "la Compañía Minera 'Las Dos Estrellas', en El Oro y Tlapujahua, S. A., de capital francés, que operaba en el mineral de Tlalpujahua, dio cima al desarrollo, auge y bonanza del distrito El Oro y Tlalpujahua. Su promotor principal, el ingeniero Francisco J. Fournier, descubrió la potente Veta Verde, que daría fama mundial al distrito minero. Fincada en este hallazgo, y con un capital social original de 150 mil pesos, dicha empresa se formalizó en 1898 […]."[446] como puede notarse el arranque de Las Dos Estrellas, fue de alguna manera positivo, si bien, un poco complicado al principio, pronto se asomaron los números a favor de los propietarios y/o inversionistas. Para exponer de forma más sustancial y dimensionar la relevancia y éxito alcanzado por la compañía referida en los últimos años del Porfiriato, se anexa el texto siguiente:

> Los inversionistas franceses, al frente de los cuales figuró Francisco J. Fournier (cuya última aparición en público ocurrió a principios de abril de 1909, cuando recibió la visita del general Porfirio Díaz en las instalaciones de la Compañía Minera "Las Dos Estrellas" –la simbiosis del poder político y el económico que forzó la mordenización de la economía mexicana-) habían deslumbrado al mundo con los grandes descubrimientos de oro y plata en los minerales de El Oro y Tlalpujahua, y fueron respaldados por dos de las más grandes instituciones financieras del ámbito fránces: el Banque Franco-Egyptienne y el Crédit Lyonnais, lo cual les permitió consolidar uno de los complejos industriales más sofisticados de

[443] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 74.
[444] Francisco Javier Meyer Cosío, 1998, pp. 158-159.
[445] Oriel Gómez Mendoza, 2007, p. 74.
[446] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 148.

la época, para extraer y beneficiar millones de toneladas de mineral entonces en el mercado nacional.[447]

Las estrechas relaciones políticas al interior de país y el fuerte respaldo por las financieras francesas, sin duda, estimularon al grupos empresarial de Las Dos Estrellas, y por supuesto fueron participes del éxito obtenido gracias al olfato de Fournier. Para dimensionar el potencial de producción auro-argentifera de la empresa, respecto de resto de la producción nacional, obsérvese la tabla siguiente que sirve para dimensionar lo poco o mucho que produjo *"Las Dos Estrellas"*, respecto del resto del país:

Tabla 28: *Producción de plata y oro en México y "Las Dos Estrellas".*

Años	Plata nacional	Plata "Las Dos Estrellas"	Oro nacional	Oro "Las Dos Estrellas"
1900	1 766 410		13 810	
1901	1 794 664	2 000	14 706	
1902	1 898 323	4 700	14 904	1 000
1903	2 018 652	6 000	17 082	1 500
1904	1 972 684	6 700	21 306	2 000
1905	1 890 970	8 000	27 307	2 000
1906	1 803 330	11 690	27 425	2 321
1907	1 953 859	29 000	30 395	3 227
1908	2 221 137	28 127	33 661	3 075
1909	2 212 983	35 000	35 080	5 000
1910	2 416 669	47 685	41 429	6 530
19011	2 518 202	62 627	37 120	6 775

Extraído de: José Alfredo Uribe Salas, 2010, pp. 307-308

¿Ciencia, tecnología e innovación fueron claves para el éxito de la coyuntura económico-minera en la región centro de México? Evidentemente como he expuesto a lo largo de la tesis, el resultado que se generó de la coyuntura (fractura estructural en la producción minera), fue la transición de una actividad tradicional a una moderna. La implementación de ciencia, tecnología generaron innovación, esto generó una revolución en el aparato de producción minera, el gran éxito que he ilustrado en la tesis, comprueba y refuerza la hipótesis de que estos agentes fueron los causantes del éxito obtenido en el periodo porfirista, pues sin la integración de estos, no hubiera existido un apogeo económico en la minería mexica en dicho momento. Los matices científico-tecnológicos que distinguieron a la nueva minería germinada en el Porfiriato, se pueden observar en las

[447] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 189.

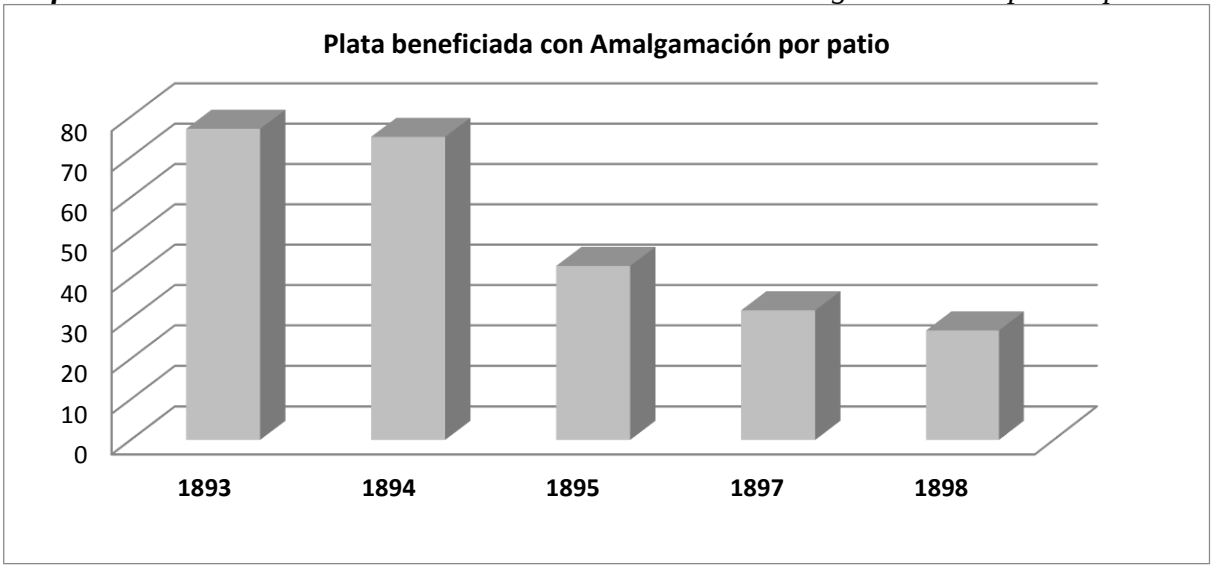
compañías mineras de la época. Desde la organización empresarial, sus voluminosas inversiones, que mucho distan de los capitales que tenían las negociaciones tradicionales, hasta sus resultados en la eficiencia de la productividad y la cantidad y calidad de producción de oro y plata, van a dar testimonio histórico de la eficiencia proporcionada a la minería, gracias a la ciencia, tecnología e innovación.

Para ampliar y responder de mejor forma, refiere un poco el contexto en que se efectuaron cambios importantes. En el caso de *La Compañía de Minas de Real del Monte y Pachuca* no tuvo la capacidad capital para sortear los efectos de la modernidad en la actividad minera, puesto que en otras empresas de otros distritos ya habían modificado radicalmente su estructura de producción, haciéndolas mayormente competitivas. Ya que la "década de 1890 marca el fin de los métodos tradicionales de beneficio. La introducción del método de cianuración puso en jaque a los sistemas de beneficio basados en la utilización de mercurio: en poco tiempo los convirtió en no rentables. Las alternativas eran pocas: modernizarse o vender".[448] También podemos apreciar que con base en lo anterior, se refleja ya, un futuro potencial con la cianuración que vendrá a recuperar la productividad de Pachuca-Real del Monte, y del resto de los distritos en estudio.

Con las nuevas técnicas y tecnologías que impactaron la actividad minera, la dinámica de producción minero-metalúrgica, manifestó una mejoría en el volumen y calidad de los minerales procesados. Queda también implícito como con el cambio de sistema de beneficio –de amalgamación a cianuración-, fue incrementando la productividad. En el caso de *Las Dos Estrellas*, en específico, en una de sus unidades, la Hacienda de Beneficio Núm. 2 (o también denominada del Cedro), fue una de las más modernas, lo cual puede decirse que esta empresa de las que mejor acopló ciencia y tecnología a su esquema, además que fue de las primeras.[449] En seguida se muestra una gráfica que ilustra la decadencia del tradicional sistema de beneficio por patio.

[448] Rina Ortiz Peralta, 1991, p. 85.
[449] José Alfredo Uribe Sales, 2010, p. 241.

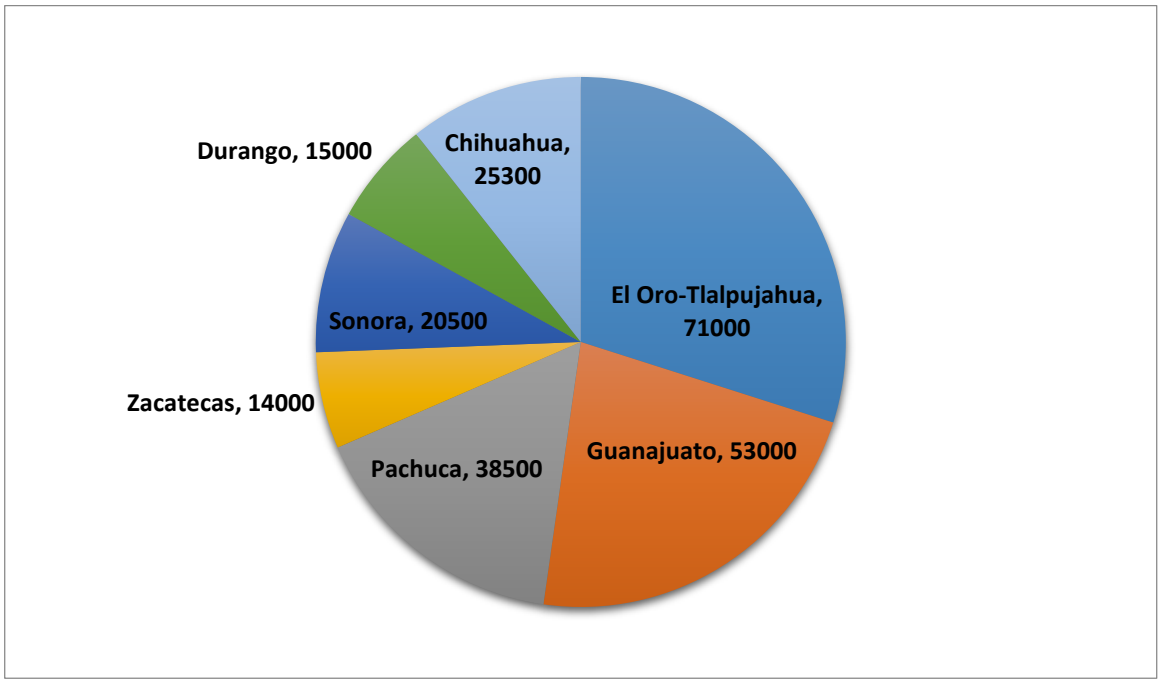
Gráfica 10: *Decadencia del método de Amalgamación por patio.*



Fuente: Enrique, Canudas Sandoval, *Las venas de plata en la Historia de México. Síntesis de Historia Económica Siglo XIX*, vol. I, México, Editorial Utopía, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005, p. 211.

El declive de beneficio por este método se debió –entre otras causas- a que la ley argentífera en las menas tratadas era poco rentable, es decir, de limitada eficacia. Por eso el sistema de cianuración manifestó ser un gran tratador mineral con mayor eficiencia. Para la primera década del siglo XX, el beneficio de minerales va dirigirse en mayor volumen a los sistemas modernos de tratamiento. Como ya he expuesto, la cianuración fue tomando relevante posición en el volumen de minerales procesados por este método. Por ejemplo, en la gráfica siguiente se aprecia el margen de procesamiento por cianuración, además de que se muestra una tendencia medible entre los distritos mineros en estudio y los del resto del país:

Gráfica 11: *Balance general. Total de toneladas beneficiadas por cianuración en México (mensual).*

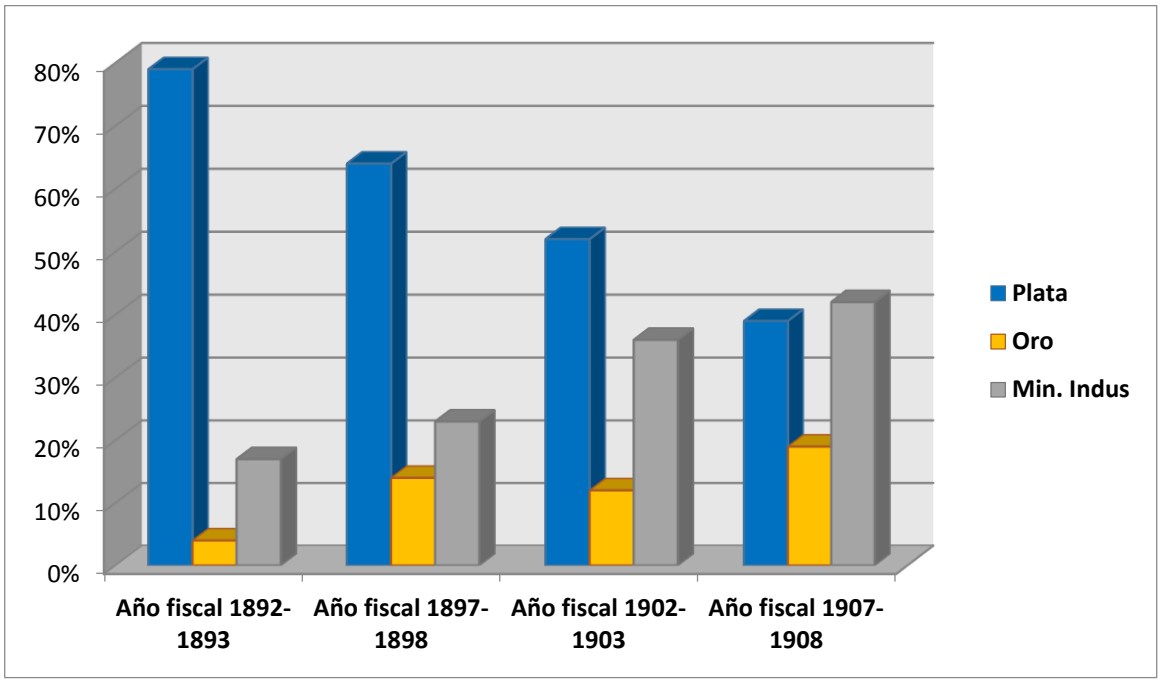


Elaboración propia. Fuente: José Alfredo, Uribe Salas, 2010. p. 242.

¿La minería de oro y plata del centro fueron o no desplazados de las preferencias de la industria minera operante en el país? la respuesta a esta pregunta es dual: una es, el hecho de que la Segunda Revolución Industrial, y demás eventos, encaminaran al mercado metalífero a una demanda férrea de metales de tipo industrial, no significó que el oro y la plata salieran de la línea de explotación y producción nacional. Esta demanda enclavada en los metales de uso industrial si influyen en el interior de la geografía minera en México, y sobre todo en los volúmenes generales de producción se va a evidenciar esta tendencia. La respuesta dos es, los minerales industriales van a tomar una posición relevante pero no definitiva sobre los otros. Simplemente como un efecto del mercado externo, los de tipo industrial adquirirán mayor participación en la construcción del mundo de principios del siglo XX.[450] A continuación se adjunta un gráfico que ilustra el aumento porcentual de la producción tanto de oro y plata como de los minerales industriales en México, entre 1892 y 1908.

[450] Guadalupe Nava Oteo, 1992, pp. 339-340.

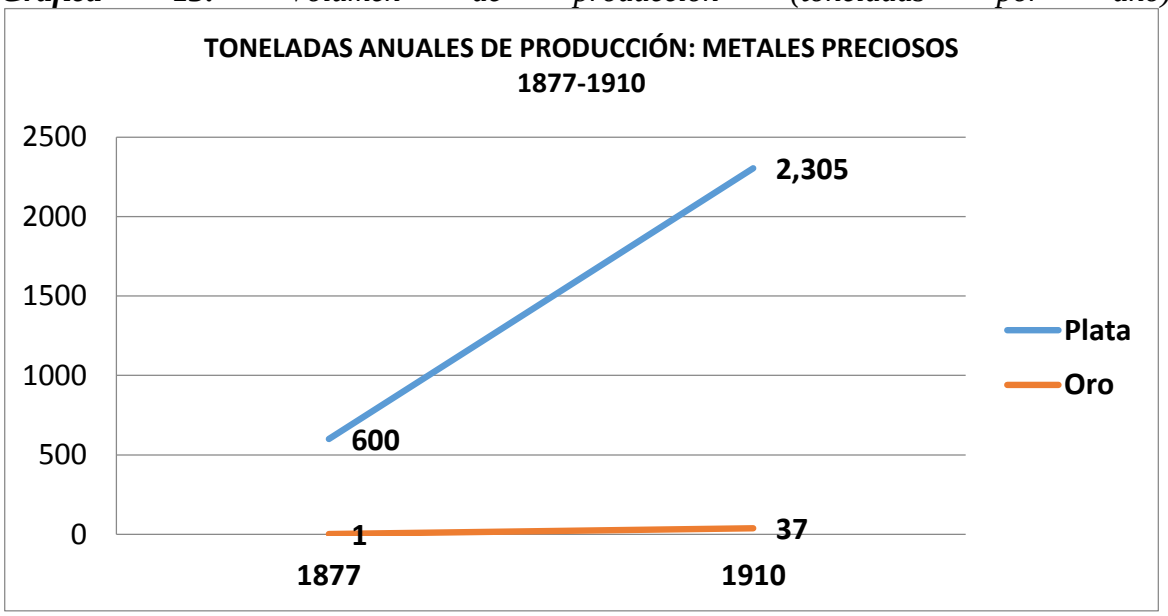
Gráfica 12: *Porcentaje de plata, oro y otros minerales en el valor total de la producción minera en la República Mexicana.*



Adecuación propia. Fuente-extracción: Cuauhtémoc Velasco Ávila *et al.*, 1988, pp. 260-261.

En la gráfica anterior se ilustra la dinámica de producción general de minerales, vemos que los minerales precisos reflejan una tendencia a la baja, sin embargo, supuesta baja, no es más que una exposición de la alza que tuvieron los minerales de tipo industrial, pues fue enorme el volumen demandado de dichos minerales. El oro y la plata continuaron en la preferencia del explotador minero. En seguida se anexan algunos gráficos y una tabla que exponen y amplían el contexto económico-minero de finales del Porfiriato.

Gráfica 13: *Volumen de producción (toneladas por año).*



Fuente: Enrique Canudas Sandoval, *Las venas de plata en la Historia de México. Síntesis de Historia Económica siglo XIX*, México, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Editorial Utopía, vol. I, 2005, p. 476.

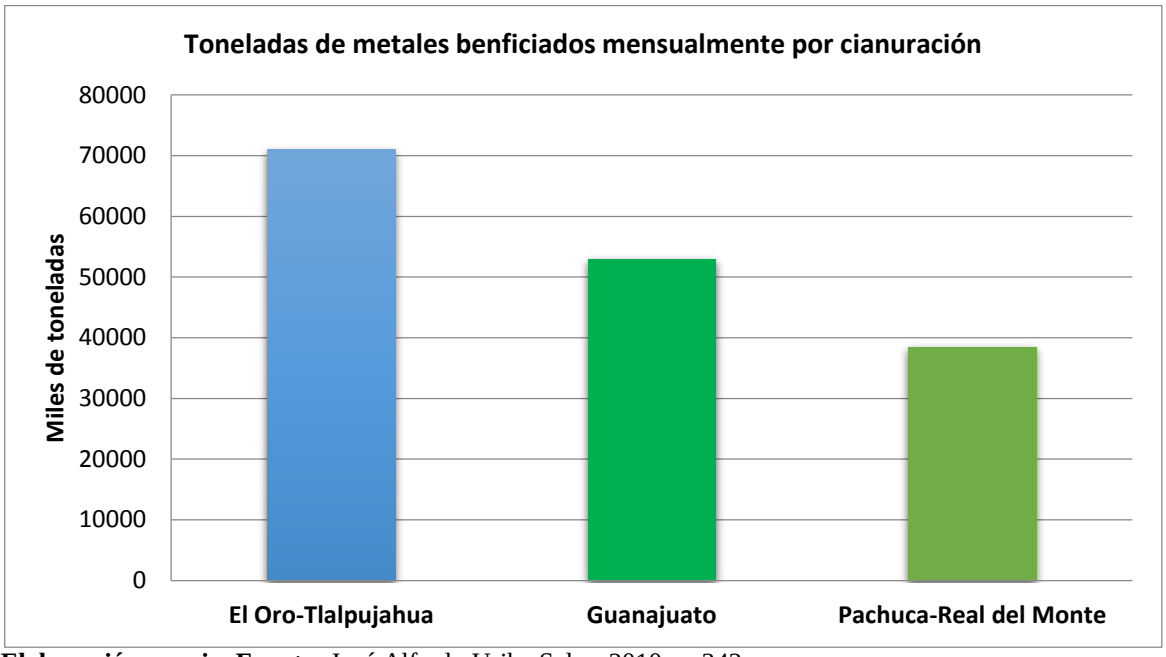
Tabla 29: *Producción minera en México, 1901-1911.*

Años	Oro (toneladas)	Plata (miles de ton. métricas)	Cobre (miles de ton. métricas)	Zinc (miles de ton. métricas)	Plomo (miles de ton. métricas)	Hierro (miles de ton. métricas)
1901	14,250	1 796	33 943	900	94 194	3 240
1902	14,805	1 898	36 357	700	106 805	2 423
1903	15,993	2 019	46 040	1 000	100 532	9 932
1904	19,194	1 973	51 759	800	95 010	23 434
1905	24,306	1 891	65 449	2 000	101 196	19 674
1906	27,365	1 803	61 615	22 000	73 699	31 062
1907	28,909	1 954	57 473	23 197	76 158	23 082
1908	32,028	2 221	38 173	15 650	127 010	23 555
1909	34,370	2 213	57 230	3 000	118 186	48 656
1910	41,420	2 417	48 160	1 833	124 292	54 698
1911	37,120	2 518	56 072	1 593	116 758	63 965
Totales	**289,760**	**22,703**	**552,271**	**72,673**	**1,133,840**	**303,721**

Fuente: José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 298.

Lo anterior ratifica lo expuesto con la hipótesis de "fractura estructural" de la minería tradicional. Pues como puede verse, la explotación minera mexicana sufrió una evolución, pues ya no son los metales preciosos los que lideren las gráficas de producción. El mercado de los metales comenzó a virar fuertemente hacia los "industriales". Esto es parte de lo que se denomina "minería moderna", ya que hay una diversificación mineral.

Gráfica 13: *Beneficio mensual de metales, región centro de México (estimación en el ocaso del Porfiriato).*



Elaboración propia. Fuente: José Alfredo Uribe Salas, 2010. p. 242.

En palabras de Uribe Salas, "Lo anterior demuestra un hecho significativo en la nueva geografía económica minera del centro del país: el relevo de los centros mineros tradicionales como Guanajuato y Pachuca por El Oro y Tlalpujahua, provocando así el desplazamiento de su hegemonía sostenida por varios siglos".[451] Esto refuerza finalmente la hipótesis sobre el éxito derivado de la introducción y adopción de ciencia, tecnología e innovación en el esquema de operación empresarial.

Para concluir el capítulo, se formulan tres conclusiones respecto a éste: La primera conclusión estriba en que, debido a la depreciación de la plata, a partir de la década de 1870, la minería nacional comenzó a quedarse limitada, además, la industria mundial requería de minerales más propios para su desarrollo. Estos factores modificaron la dinámica en el mercado de metales. El oro y la plata fueron desplazados parcialmente los de tipo industrial. La minería mexicana sufrió los cambios radicales, esto originó que surgieran "nuevas necesidades" en la actividad correspondiente, ya que esta se definía por tradicional y limitada en su accionar, ante estas novedades de carácter mundial. La minería nacional, no demandaba sólo estrategias, sino cubrir necesidades para acoplarse al nuevo

[451] José Alfredo Uribe Salas, 2003, p. 14.

escenario global y, por tanto, pasar a ser una industria minera de corte moderno. Por lo tanto, se requería cubrir dichas necesidades, el único vehículo de los empresarios mineros era por medio de inversión e innovación científico-tecnológica. Sólo así podrían lograr superar las crisis, o mejor dicho sus propios rezagos en producción y productividad.

La segunda conclusión versa en que el distrito de El Oro-Tlalpujahua desbancó a los tradicionalistas distritos de Guanajuato y Pachuca-Real del Monte que, desde la Colonia y siglo decimonónico había usufructuando de la hegemonía de la producción auro-argentífera en la región central. ¿Cómo se comprueba lo anterior? Simplemente en el hecho de que en El Oro-Tlalpujahua se experimentará de forma más temprana la inversión extranjera y con ello la modernización –urgentes necesidades- de la minería mexicana, que evidentemente se acentuó con buenos resultados, dejando a este distrito como el modelo a seguir para la última década del Porfiriato. Esta aseveración también se respalda con el papel desempeñado por las tres empresas citadas en la comparación, pues estas fungieron como agentes altamente determinantes en la dinámica de sus distritos mineros, respectivamente. Pues la *Compañía Minera Las Dos Estrella* que operó a partir de 1898, fue factor vital en el proceso de transformación de industria minera mexicana, ya que fue una de las pioneras en modernizar, en conseguir inversión a gran escala, fue de la primeras en optar por medidas propositivas, gracias al mando de los visionarios empresarios que la operaron, se logró un resultado histórico.

Mientras tanto los otros distritos sufrían de las limitadas operaciones financieras y tecnológicas, El Oro-Tlalpujahua se erigía como nunca se había visto en la historia minera. En el distrito de Guanajuato, con *The Guanajuato Reduction and Mines Company*, fue una de las de mayor empuje de su comarca, sin embargo, como se sabe, comenzó a operar sobre la *Casa Rul*, unos años después de Las Dos Estrellas, ese ligero margen de tiempo y acción, permitió a esta última a posicionarse entre las más grandes del país. En tanto que el distrito de Pachuca-Real del Monte, fue el tercero en potencializar su dinámica de producción mineral y en modernizarse, debido a que la tradicional Compañía Minera Real del Monte y Pachuca, logró sobrevivir hasta el primer lustro del siglo XX. Pero finalmente, las condiciones de la época terminó por vender el negocio a la *United States Smelting Refining and Mining Company*.

En tercer lugar se concluye que, a partir de que las nuevas compañías mineras comenzaron a operar, lo hicieron con un novedoso equipamiento que generó nuevos estándares de productividad y producción de oro y plata. Al cubrir las necesidades, es decir, con la inversión e implementación de novedosos sistemas como la cianuración y estandarización de la energía eléctrica, revolucionaron la industria mineral de la región central, pues estos elementos resolvieron muchos problemas desde la explotación hasta el beneficio. Estos modificaron la estructura de producción, logrando colocar a la minería local a nivel de cualquier otra en el planeta. La minería tradicional de la región central experimentó un contundente cambio emanado del exterior, pero a su vez, fue el motor para la transformación de lo tradicional a lo moderno.

CONCLUSIONES

Acá, donde otros expoliaron riquezas,
nosotros sembramos cultura.[452]
(acá) Gustavo Bernal Navarro.

I. Modernización de la minería de oro y plata del centro de México, ¿un éxito local?

Si bien el presente trabajo de investigación en el apartado introductorio estipula profundizar en un enfoque versado –sobre todo- en la línea de la Historia de la Ciencia y la Tecnología, hay que enfatizar, que a lo largo del estudio predomina el análisis de la Historia Económica. Sin embargo, por los resultados obtenidos y que a continuación se exponen, el trabajo logra rescatar una visión global de la evolución científica y tecnológica que erogó múltiples innovaciones en el campo minero de la región central de México. En este sentido, es válido para la Hipótesis de la "estructura de las formas de operación y producción minera", que el enfoque histórico-económico se haya profundizado, lo cual permite matizar los cambios científico-tecnológicos que derivaron de las inversiones mineras. Pero a la vez, no significa que lo rescatado respecto a la Historia de la Ciencia y la Tecnología no sea loable, sino al contrario, da pauta a identificar y explicar con base al argumento hipotético que se sostuvo a lo largo de la tesis, pues al final, ciencia, tecnología e innovación son los agentes que fungen como factor de cambio estructural, ayudados por el cúmulo de elementos contextuales en cada etapa histórica de México. En concreto, el estudio amalgama una reinterpretación histórica en términos de las historias económica y científico-tecnológica, puesto que una no se pudo explicar sin la otra.

Partamos del entendido de la hipótesis central: la "estructura de las formas de operación y producción minera", que a la vez se divide en dos: 1) minería tradicional y 2) minería moderna. Con base en los resultados obtenidos, se estipula que la fragmentación de la historia minera mexicana se debe a un proceso gradual que creó una "ruptura" en la continuidad de "formas de operación y producción". ¿Qué generó dicho desfasamiento estructural? Para dar respuesta a ello, a continuación se exponen las modificaciones

[452] José Alfredo Uribe Salas y Teresa Cortés Zavala, "Acá, donde otros expoliaron riqueza, nosotros sembramos cultura", *Revista Inclusiones. Revista de Humanidades y Ciencias Sociales*, Núm. 1, Vol. 1, enero/mazo 2014.

estructurales, con base en las cuatro categorías establecidas en la hipótesis para luego explicar el proceso de cambio:

Influencia del contexto internacional, del Estado y organismo de iniciativa privada: Tanto la minería tradicional como la moderna, parten de la influencia externa (contexto internacional), la diferencia la capacidad de innovación científica y tecnológica; luego el gobierno a través del esquema institucional es elemental para que las reglas permitan una dinámica fluida en el campo minero. De la Colonia al respecto se rescata un accionar proteccionista e incluso monopólico, el cual se intento liberar con los borbones, sin embargo, no logró dar un salto cuántico. En cuanto a los organismos de iniciativa privada o mejor dicho, empresas, se caracterizaban por células pre-capitalistas aún con limitaciones por la interferencia peninsular. Luego para el siglo XIX, la sinuosa estructura de gobierno que oscila entre el conservadurismo y liberalismo interrumpió constantemente el proceso de consolidación nacional. La minería contaba con una política minera anacrónica para sus necesidades. Estos factores fueron esculpiendo una minería que se iba rezagando al paso del tiempo. Arriado al poder Díaz (1876), luego González (1880-1884) y nuevamente Díaz, se establecieron organismos (que si bien Díaz era el máximo director), estos fungieron un papel fundamental pues la gente que los gestionó tenía conocimiento de su campo de acción. Al sembrar las legislaciones mineras entre 1884 y 1892, se flexibilizan "las reglas del juego" para los capitalistas. Las empresas en este momento ya son como tal "células capitalistas" bien organizadas.

Modo operación: Con el asentamiento español en Mesoamérica se establecieron formas europeas de extracción y beneficio de minerales-metales. La extracción de mineral, de hecho, ni la metalurgia diferían en gran cosa de las prácticas europeas respecto a las mesoamericanas. Para la década de 1550, Bartolomé de Medina descubre la forma de beneficiar plata (y secundariamente oro), con un reactivo químico base: mercurio (también conocido como azogue). Las prácticas se fueron acentuando y matizando a lo largo del periodo colonial, el método de Medina, mejor conocido como "amalgamación por patio", se fundió a las prácticas metalúrgicas coloniales, se convirtió en un icono de procesamiento para beneficio de los metales preciosos. La coyuntura generada –sobre todo- en la segunda mitad del siglo XVIII y primera mitad del siglo XIX, trajo con consigo el espíritu de mejorar

las “formas de operación minero-metalúrgicas”. Empero, no con los resultados deseados, las condiciones se fincaron con el régimen porfiriano. Las empresas, a raíz de una política ventajosa para ellas, fueron las nuevas organizadoras del escenario minero, acoplaron según sus necesidades y ambiciones los sistemas más sofisticados de la época. Lo cual determinó el modo de operación bajo parámetros sistemáticos, relegaron al pasado el empírico mundo minero tradicional.

Nivel de tecnología: Los españoles incursionaron barretas, picos y cuñas (para la extracción minera), los crisoles para la Fundición y los fuelles (para el proceso de beneficio); después con las reformas borbónicas se adoptan la pólvora y los malacates, y se intenta traer la tecnología de vapor. Las tres cosas se lograron traer, aunque la esperada máquina a vapor no resultó con el éxito esperado. El nivel de tecnología es factor clave: desde malacates con botas de cuero y cuerdas de lechuguilla, bombas a vapor, pólvora, barretas, mulas y caballos, patios viejos de hacienda, molinos de roca y ejes de madera, hasta sofisticados malacates y motores equipados con electricidad, fórmulas químicas complejas y de requerimiento industrial, máquinas de perforación neumática, ferrocarril tradicional y eléctrico al interior de las minas, trituradoras eléctricas y muchos equipos tecnológicos más que en épocas de Díaz se acoplaron, son los matices y contrastes que dan diferencia a dos minerías: la tradicional y la moderna.

Profundidad de innovación: La sustitución de artefactos científicos y tecnológicos produjeron cambios, pero, estos se puede medir en dos tipos de innovación: incremental y radical. La primera corresponde a los intentos de innovación que se adhirieron pero no produjeron un cambio sustancial, no lograron romper “las estructura de operación y producción minera”. Ejemplo de ello fue la variante del método de amalgamación con barriles, ya que siguió adosado al consumo de azogue, y aunque si tenía ciertas ventajas en tiempo, no las tuvo tanto, en costos, ya que este método demandaba combustibles. En cambio, una innovación radical bien marcada en esta tesis, es con la cianuración. Dicho procedimiento ya no encajó ni con las viejas prácticas, ni con la infraestructura rezagada de la metalurgia mexicana. Se tiene por tanto, que la cianuración llegó en tiempo del Porfiriato, es por eso que la hipótesis sostiene que la “ruptura” se finca en este periodo. Como ilustra Meyer Cosío: “Capital, electricidad y cianuro reemplazaron al avío, vapor y

mercurio con mucha ventaja".[453] Es el Porfiriato para la minería de México, un crisol que fundió una nueva etapa histórica para ésta.

Por lo tanto se concluye que la ciencia, tecnología e innovación no estuvieron exentas del periodo definido como "tradicional", empero, la cuestión recae en que no lograron ser factores transcendentales de cambio, ni si quiera los germinados a partir de las reformas borbónicas, ni los incursionados por la primera ola de inversión del México independiente, pues el terreno no fue fértil para las nuevas tecnologías. Elementos que en terreno porfirista sí dieron un golpe efectivo y pudieron dar pie a una nueva estructura minera. A la luz de Douglass C. North, el gran freno del periodo de la "minería tradicional" fueron las limitaciones de ingresos y tecnología que no fueron suficientes para generar cambios sustanciales en el aparato de producción minero. Según Eduardo Flores Clair: "La supuesta inmovilidad técnica americana [el contexto del comentario es en torno a la coyuntura de fin del siglo XVIII y principios del XIX para el caso de la Nueva España], es una falacia; en las fuentes históricas se constata que los hombres de letras estaban bien informados y que había una circulación de conocimiento más amplia de lo que hemos imaginado. Estaban al día en el debate científico. No eran unos simples necios que se aferraban a las viejas técnicas y rechazaban todo lo que olía a modernidad, como nos lo han hecho creer algunos autores". Esto da pie a reafirmar, aún más la hipótesis planteada, con esta última idea y la de North, se puede reiterar que el freno del crecimiento económico y en este caso del progreso minero nacional, no recae del todo en las "elecciones" de los hombres, sino en otras variables como la política, el mercado, la carente infraestructura que hiciera posible la adaptación rentable y eficiente de las nuevas tecnologías, entre otros factores como el férreo dominio de la importación de insumos y tecnologías a través del comerciante Thomas Murphy, etc. Es decir, el rezago tecnológico del periodo tradicional minero se debió a que en Nueva España/México no tuviera, ni generará las condiciones para que las inversiones de la época obtuvieran resultados productivos, por lo tanto, las tecnología traídas en estos periodos van a ser poco sustanciales. En este sentido se explica cómo y porqué se dieron en el porfirismo las condiciones para la "ruptura" a dicha cuestión.

[453] Francisco Javier Meyer Cosío, *La Minería en Guanajuato. Denuncios, Minas y Empresas (1892-1913)*, México, El Colegio de Michoacán, Universidad de Guanajuato, 1998, p. 159.

Ya se expuso en qué lógica se analizó e intento efectuar el planteamiento inicial, ahora se explica el contexto del momento del rompimiento estructural. En la época del Porfiriato ocurrieron factores considerables de orden mundial, pero sin duda, en lo interno, Díaz fue un tipo conservador en cuanto a las riendas de su gobierno; resultó más liberal en la cuestión económica. "La política económica del Porfiriato reconocible por el otorgamiento de franquicias y exenciones de impuestos a empresas cuyos objetivos fueran el establecimiento de nuevas plantas de fundición o la renovación de empresas dirigidas a la extracción mineral, además de la promulgación de un nuevo marco legal, favoreció la formación de empresas con una nueva organización administrativa en el denominado 'despegue' de una economía capitalista, en donde la demanda internacional de minerales fue fundamental".[454] Definitivamente el clima exterior y la iniciativa mostrada por Díaz, hicieron de México una parcela de inversiones extranjeras, pues este había entramado su política económica, de tal forma que los empresarios pudieran explotar de forma más económica los minerales.

Para establecer la hipótesis con el tema y temporalidad, con relación a las categorías antes referidas y desarrolladas, se establecen tres momentos claves para desarrollar la problemática es cuestión, lo cual explica el "proceso gradual" de la "fractura estructural". El primero es, el "inicio de la fractura" que se da entre 1870 y 1884. En este primer periodo se tiene la abundancia auro-argentífera, que derivó de la "fiebre del oro" de California (EE.UU.) y descubrimientos auríferos en Australia, estos hechos ocurrieron desde la década de 1850. Lo cual motivó una disminución, primero de demanda de plata, y segundo, baja de su valor respecto del oro. Por otra parte y no ajeno a lo anterior, las principales potencias financieras se definieron por el monometalismo (oro) como elemento fiduciario (a partir de 1873); esto empeoró la condición de la plata y repercutió a la minería mexicana de corte tradicional. Además el lapso de 1873 a 1913, fue de alzas y bajas para el precio de metal blanco. Esto se traduce –desde el enfoque que planteo- como el punto de partida del quiebre estructural para la producción minera tradicional (1870-1884).

En este periodo, distinguido como crítico para la minería mexicana, se puede decir que concluye en 1884, como la primera etapa de la ruptura tradicional, ya que en dicho año

[454] Moisés Gámez Rodríguez, 2004, p. 5.

se publica el Código de Minas, como primer esfuerzo del gobierno en beneficio de la economía-minera. Un elemento importante a destacar fue la aparición del criterio de "propiedad", aunque aquí a un pertenece al Estado. Aunado a ello, el ejercicio de cooperación de las sociedades mineras hasta entonces constituidas, que también coadyuvaron en intentar rescatar la actividad económica de mayor impacto para la época en nuestro país. Además en las décadas de 1870 y 1880 paradójicamente ocurre la primera ola de inversiones en la minería de la segunda mitad del siglo XIX.

El segundo momento o fase de cambio que refiero es, un "desfase estructural" de 1884 a 1898. Aquí defino a esta etapa como la ruptura de forma más marcada, debido a los resultados de las legislaciones de 1884-1887 y 1892 que incentivaron la segunda ola inversión en crecimiento, y que fueron las precursoras del fomento de ciencia, tecnología e innovación al beneficio de la minería de oro y plata. En la legislación de 1892 se estipula "la propiedad privada" bajo la concesión con tiempo ilimitado, esto fue factor clave para que las empresas explotaran al máximo el suelo y subsuelo mexicano. En este lapso, también se puede considerar como crisol para la minería mexicana y para algunos empresarios, ya que con el fin de mejorar y economizar en la producción, se implementan nuevas tecnologías como la cianuración y motores electrificados, más el vertiginoso crecimiento de líneas férreas y algunas conexiones con ciertas minas (surgido en contados casos pero ya se toma como referente de evolución) acompañados de abultadas inversiones. A partir de esta etapa la minería mexicana ya no es tradicional completamente, sino que se encuentra en un estado de cambio que culminará en la primera década del siglo XX.

Y la tercera fase que postuló es la "consolidación del esquema moderno", gestado entre 1898 y 1908. En esta etapa se tiene ya una práctica moderna en la minería en México, contamos ya con modernas instalaciones desde la extracción hasta el proceso metalúrgico. Que si bien no fue homogéneo en todas la minas y regiones, para este caso (región centro), las importantes empresas se erigieron como colosales en producción de oro y plata a escala mundial, esto es signo vital de una minería novedosa y con una nueva estructura de producción, es decir, moderna. En este lapso, la segunda ola de inversiones se intensificó. Las organizaciones empresariales son motor elemental en el desempeño económico de distinguido periodo histórico de México.

Finalmente la dinámica de producción de oro y plata, que se distinguía desde la Colonia y mayor parte del siglo XIX, definía los distritos de Guanajuato y Pachuca-Real del Monte, como los fundos de mayor producción de la región centro de México. Pero, con la nueva serie acontecimientos gestada a finales del XIX y principios del XX, El Oro-Tlalpujahua se posicionó como el principal de la zona central. Tal como se expone en el texto de Uribe Salas:

> Las sociedades inglesas asentadas en El Oro tenían una capacidad global en los molinos de 1 366 toneladas por día; en tanto que la francesa de Tlalpujahua alcanzaba las 1 000 toneladas cada 24 horas. En conjunto, las cuatro empresas mineras alcanzaban a beneficiar 71 000 toneladas mensuales, cifra muy superior a la capacidad de los distritos de Guanajuato (53 000), Pachuca (38 500), Chihuahua (25 300), Durango (15 000), Zacatecas (14 000) y Sonora (20 500). En 1908, casi el 78.8% de las 300 000 toneladas de mineral beneficiado mediante el sistema de cianuración en todo el país se efectuaba en estos lugares; el distrito minero de El Oro y Tlalpujahua contribuía con el 23.6% del total. Con el sistema de cianuración y la moderna tecnología empleada para el beneficio de los minerales, se abarataron los tiempos y los costos de producción.[455]

Por lo tanto, desde los parámetros que marcaron al principio del trabajo y con base en el estudio emprendido del cual el resultado es esta tesis, puedo afirmar que la modernización de la minería de oro y plata del centro de México, si fue un éxito. Definitivamente debemos aceptar que la política del Porfiriato facilitó la penetración de capitales de forma masiva. Pero lo que definió el éxito fue incuestionablemente, la implementación de artefactos tecnológicos, las innovaciones técnicas de laboreo, los estudios previos apoyados en ciencia, todo este escenario de corte industrial y moderno promovió el progreso económico de la empresas, y sin mucho exagerar, el sector minera coadyuvo de forma parcial en el superávit mexicano logrado en 1899, pues entonces el erario contaba con un excedente total de 22, 680,000 pesos aproximadamente.

La hipótesis –en lo global- sostiene que dichos factores obligaron al sector minero a incorporar medidas radicales, por tanto se apoyaron de la introducción y acoplamiento de la ciencia y la tecnología. Esto generó una innovación radical en el proceso minero-metalúrgico, sin esto, la política económica del Porfiriato, así como las inversiones hechas por los empresarios hubieran fracasado. Sin embargo, dicha incursión de ciencia y

[455] José Alfredo Uribe Salas, *Empresarios del metal amarillo en México, 1898-1938*, (Cuadernos de Historia Empresarial), México, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Centro de Estudios Históricos Internacionales, Fundación Cultural Vueltabajo, A.C., 2003, p. 51.

tecnología así como su adaptación en terreno mexicano, no hubiera sido posible ni exitoso, sin la apropiación e innovación hecha por los científicos locales (mexicanos). Por lo tanto, es de suma importancia continuar esta investigación en otra escala, es decir, identificar científicos nacionales (del ámbito minero, etc.) que en su mayoría se forjaron en el México decimonónico, para a partir del concepto de innovación (adaptación) establecer o dimensionar el progreso real del dominio de la ciencia y la tecnología por los propios estudiosos mexicanos de aquella época. Esto permitirá emitir una reconstrucción histórica sobre la ciencia en México, a partir de los actores científicos y que probablemente se debe a ellos el éxito de la incursión científico-tecnológica, al menos para la etapa porfirista.

Si ya se tiene comprobado históricamente que la ciencia y la tecnología son potentes motores de cambio, no sólo de forma superficial con la modernización, sino, también proyectando cifras a favor de la economía, en lo social también influyen estos agentes, pues el mercado laboral de una minería moderna y/o actualizada va demandar mano de obra especializada, o mejor dicho profesionistas y técnicos, o bien, científicos que se relacionen a dicha actividad. Debe quedar claro que una de las líneas potenciales para continuar una investigación seguida y complementaria de esta, es a partir de la reconstrucción histórica de la experiencia de los actores científicos y técnicos mineros del siglo XIX, pues se requiere localizar, identificar y seguir su legado aplicado al campo pragmático de la minería, es decir, ampliar esa visión del escenario local, a partir de hombres de ciencia locales. Pues como expuse aquí, el estudio predomina sobre la influencia extranjera, ahora bien, es necesario ver "la otra cara de la moneda", y preguntarse ¿cómo estos hombres de ciencia adaptaron e innovaron las herramientas traídas de afuera, para hacerlas más eficientes a las condiciones mineras mexicanas? pues estos –en su mayoría- fueron los que lidiaron con dichos implementos y maquinarias en las minas de México. Esto para buscar y configurar un escenario más concreto y, dimensionar la aportación científica y técnica local. Por ello, es importante que en México se siga con la ampliación y profundización sobre la línea de investigación desde las humanidades, y por supuesto, la historia debe ser un proveedor preponderante en la construcción actual del país. La historia de ciencia y de la tecnología proporciona y proporcionará importantes hallazgos y nuevos paradigmas.

II. Minería regional: ¿un efecto paradójico inevitable?

Definitivamente la minería ha sido desde sus orígenes un motor de cambio físico (geográfico, paisaje y ecológico y/o medio ambiental, etcétera), cultural, social, económico e incluso político –visto históricamente-. Ya que el producto último del procesamiento de los minerales recae forzosamente en bienes materiales, ya sea dinero, joyas, estructuras de construcción y un sin fin de artilugios de constitución metálica, que a su vez, producen más materia (desde luego la industria siderúrgica). Al parecer todo esto nos resulta como primera impresión una derivación de progreso para el hombre, pero antes de tomar como "verdad" esta idea, hay que abrir paso a la reflexión e inquirir si es o no de progreso, y si lo es, ¿en qué medida es progreso? O si no ¿en qué afecta?

¿Ha sido y es importante la minería en la historia de México? Para responder a esta pregunta basta con revisar –por ejemplo- la Historia Económica, desde la época prehispánica hasta la actualidad. La respuesta está por demás contestada, ejemplo de ello es esta misma tesis. Lo que debe aquí interrogarse es ¿cuáles han sido o son los beneficios o secuelas que propicia la minería? La actividad minera ha sido y es un pilar importante para la economía y desarrollo de la infraestructura mexicana, brinda bienes y servicios. Sin embargo, también se debe ampliar la puesta en práctica de la conciencia histórica, y para eso, es elemental exponer "las dos caras de la moneda" de la minería en México (al menos en la región centro).

¿Cuáles son estas dos caras? Una es la constructiva, y la otra es la destructiva. ¿Cuál es la constructiva? Para dejar en claro la idea, tomé de forma textual algunas líneas que encontré en el suplemento *Industria Minera de México*, que proporciona La Cámara de Minería de México (CAMIMEX), donde se expone lo siguiente: "Todo tiene un inicio. Todo inicia con la minería. Si miramos a nuestro alrededor nos daremos cuenta de que casi todo lo que nos rodea proviene de la minería: equipos, herramientas, aparatos y dispositivos para el estudio, entretenimiento, hogar, salud y el trabajo".[456] Aunque esta idea es una afirmación actual, no difiere en temporalidad, pues la esencia "constructivista" de bienes

[456] "Todo tiene un inicio. Todo inicia con la minería", *Industria Minera De México. Minería, Desarrollo y Responsabilidad Social* (suplemento impreso), Cámara de Minería de México, Panorama Alternative Publishing, Octubre 2015, p. 7.

materiales ha sido esa desde el origen de la minería. Sólo ha evolucionado superficialmente la conceptualización y sus formas de explotar y procesar los minerales en las distintas fases históricas.

Actualmente gozamos e incluso nos hemos hecho dependientes de los refinados productos y/o servicios que se obtienen de la actividad minera. Bienes que se han perfeccionado conforme al mejoramiento en sí mismo del proceso (de producción minera por ejemplo) en su conjunto: desde la explotación mineral hasta su acabado último, que son el metalúrgico y el manufacturero. Procesos que están estrechamente vinculados con el progreso científico y tecnológico. Por lo tanto, se puede afirmar que la minería forma parte elemental en nuestra vida diaria, y que casi no hay actividad en el planeta que no se apoye en los derivados mineros, además de que la economía mundial depende en gran parte de esta para subsistir. La minería entonces es "constructiva" desde la óptica del progreso material, y que de alguna manera proporciona bienestar a la sociedad con su infinidad de productos.

Se puede decir, a manera de ejemplo que fue constructiva –parcialmente- para el caso que estudié en esta investigación, pues la aportación científica-tecnológica fue elemental ante el clima de crisis sucedido en el último cuarto del siglo XIX, lo cual azotó la economía-minera de México. Pues estos agentes lograron ayudar a combatir –hasta cierto punto- la oscilante situación del valor argentífero, que representaba desde época novohispana la columna económica. Además como pudimos ver a lo largo del trabajo, se conformaron grandes instalaciones mineras que produjeron volúmenes antes no vistos en México. Sin embargo, tuvo sus repercusiones en distintas sendas, hechos que buscaré exponer a continuación.

¿Cuál sería la faceta destructora de la minería? Las secuelas generadas por la explotación mineral no precisamente son tema de actualidad, han sido y son de preocupar; ya que afectan al ecosistema en que se enclava una mina, pues se contaminan las corrientes subterráneas de agua (mantos acuíferos), se modifica el paisaje, etcétera, y por ser una actividad de alta exigencia física y de complicada laboriosidad, suele ser un trabajo de latente peligro para la vida humana (casos fatales de estos hay muchos, tanto antiguos como

actuales y en todos los continentes). Por lo regular el beneficio obtenido de las riquezas de una mina, casi nunca son de provecho sustancioso para la región, al menos no en los países periféricos. Esto desde la óptica de los distritos mineros en estudio, pero también, en un vistazo más amplio, es un hecho constatado históricamente, que los países periféricos son dependientes, de los de mayor capital. Son las naciones periféricas la parcela de donde cosechan sus ganancias, ya que los verdaderos benefactores son los grandes empresarios que tienen a su disposición el equipamiento óptimo para la explotación de recursos (esta aseveración se manifiesta a partir de los resultados expuestos en la primera conclusión).

Entonces la minería (tanto la subterránea como la de cielo o tajo abierto) es "destructiva", a partir de que se comienza a alterar el entorno natural en que se construye la mina. Su impacto puede ser tan grande, como sea el volumen de perforaciones, extensión superficial, etc. Al respecto de nuestra historia en cuestión, Uribe Salas apunta: "Las catástrofes mineras y los miles de accidentes laborales que se registran en la historia de la minería, han pasado a formar parte de la vida cotidiana de los pueblos y centros mineros, del paisaje físico y de la memoria popular".[457] Por ejemplo, para la tercera década del siglo XX en Tlalpujahua, se registra una catástrofe calificada de orden natural, sin embargo, debido a la actividad minera del lugar, se acumularon toneladas de jales en sus represas y debido a su localización respecto a la población y, a las voluminosas lluvias, ocasionó un hecho irreparable para la vida del poblado. Al desbordarse una de las represas mineras arrasó con gran número de personas, acontecimiento que Uribe Salas relata:

> […] el 27 de mayo [1937], ocurrió una de las catástrofes de mayores dimensiones que recuerda la historia de la minería en México y que conmocionó al país, debido al derrumbe de la presa de Lamas, que costó a la empresa alrededor de 500 mil pesos. En esta catástrofe murieron más de 300 personas, entre hombres, mujeres y niños; quedaron cientos de heridos. Fueron totalmente devastados los barrios El Carmen y La Cuadrilla, dos de los más populosos de Tlalpujahua. Respecto a las instalaciones de Las Dos Estrellas, el Departamento de Molino y Beneficio número 2, conocido como El Cedro, fue arrasado en su conjunto, al igual que las instalaciones eléctricas, y muchas minas en activo quedaron bloqueadas, inundadas o destruidas.[458]

[457] José Alfredo Uribe Salas, *Historia económica y social de la Compañía y Cooperativa Minera "Las Dos Estrellas", en El Oro y Tlalpujahua, 1898-1959*, Morelia, Fondo Editorial Morevallado, UMSNH, 2010, p. 476.

[458] José Alfredo Uribe Salas, "Historia, memoria e identidad de un pueblo minero", Belem Oviedo Gámez, Miguel Iwadare Ijima y Marco A. Hernández Badillo (coordinadores), *Patrimonio Industrial Minero. Nuevas*

Se dimensiona así uno de los legados más trágicos de la minería en la región del centro de México, precisamente –Tlalpujahua- uno de los minerales que fue revolucionado y modernizado en tiempos del Porfiriato. En otro momento pretérito, y suscitado al iniciar el siglo XX, "cuando se aprovecharon frontalmente las vetas Nueva y Verde, y entró en operación la primera unidad industrial de beneficio por cianuración, los jales y desechos fueron depositados en el curso del río Tlalpujahua, de donde los agricultores y ganaderos de la comarca tomaban el líquido para sus cultivos y ganado; las sustancias químicas, como el cianuro, comenzaron a perjudicar las tierras, convirtiéndolas en estériles, y a envenenar a los animales".[459] Nótese aquí la otra cara de la "modernización minera" que se fincó en la época de Díaz. Se registra en la historia de la región centro, un daño de orden irreversible; por eso es que la minería en este sentido se vuelve destructiva, tanto para el medio ambiente como para el hombre.

En este sentido veamos las cualidades destructivas del cianuro sobre el hombre:

> El cianuro es un veneno de acción rápida capaz de matar a una persona en cuestión de minutos si está expuesta a una dosis suficientemente elevada. Los seres humanos pueden estar expuestos al cianuro mediante inhalación, ingestión o absorción a través de la piel. El cianuro impide a las células utilizar el oxígeno, lo cual causa hipoxia de los tejidos y "cianosis" (decoloración azulada de la piel). El sistema respiratorio deja de nutrir a las células con oxígeno, un estado que, si no se trata, causa respiración rápida y profunda seguida por convulsiones, pérdida del conocimiento y asfixia. El antídoto más común es el nitrito de amilo, que puede administrarse en forma oral o por inyección.[460]

Tal como se apunta en el texto, el manejo del cianuro implica altos riesgos para la integridad física del hombre, asimismo en la flora y fauna de la comarca. Por ejemplo, el cianuro y/o los desechos con contenidos de esta sustancia son "peligrosos afectan no sólo a los seres humanos, sino también a los receptores ecológicos. En los ambientes mineros, hay tres grupos importantes de receptores ecológicos o ambientales: los mamíferos, los reptiles

---

Alternativas para una Gran Historia, México, Archivo Histórico y Museo de Minería Asociación Civil, Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial-México, Offset Universal, 2010, p. 244.

[459] José Alfredo Uribe Salas, 2010, p. 478.

[460] Mark J., Logsdon, Karen, Hagelstein, y Terry I. Mudder, *El Manejo del Cianuro en la Extracción de Oro [The Management of Cyanide in Extraction]*, Ontario, Consejo Internacional De Metales y Medio Ambiente, Trad. Ana María Paonnessa, 2001, p. 27. [En línea] http://www.caem.com.ar/wp-/uploads/El%20Manejo%20del%20cianuro%20(ICMM).pdf [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2013].

y los anfibios; las aves (especialmente las aves silvestres migratoria); y los peces y otros integrantes de la vida acuática".[461] Así se constata el alto riesgo y secuelas del manejo de sustancias óptimas para el beneficio de metales preciosos en la región.

En otro caso, respecto a la cara destructiva de la minería en el distrito de Real del Monte-Pachuca, Javier Ortega Morel dice que: "El desecho de los jales, que son los materiales que quedan del proceso de beneficio, iba a depositarse a los ríos más próximos, práctica usual desde muchos siglos atrás y que ahora representa en muchos sitios, un grave problema de contaminación ambiental".[462] O como en el caso del distrito de Guanajuato con *The Guanajuato Reduction and Mines Company*, donde "Las arenas se llevaban hasta unos tanques de percolación de 12.19 por 2.43 m, en donde se obtenía un nuevo concentrado de metales precisos listo para su fundición y las arenas resultantes eran sometidas a un tratamiento con *CNK*. Las arenas eran consideradas como residuales por lo que eran descargadas en el río de Cata".[463] Ya desde tiempos anteriores a la época en estudio, la minería significaba un agente problemático en términos de impacto al medio ambiente. Ya sea por tala, o por contaminación tanto de ríos subterráneos como superfluos, la actividad minera ha sido además de constructora material, también funge como destructora de nuestra Tierra. Aunque en el mismo apunte, también "Se tiene noticia de una limpieza al río de Pachuca pagada en 1877 por la empresa y otros particulares. Se trabajó el tramo entre la hacienda de Loreto y la iglesia de la Asunción, los materiales sirvieron para hacer terraplenes en diversas calles de la ciudad, también se hicieron muros para delimitar el cauce. En 1882 se había formado una compañía norteamericana para tratar los jales del río de la Avenidas en Pachuca".[464] Lo cual permite dimensionar el problema que ya existía desde esa época, se hace presente en la historia de la minería regional mexicana, la preocupación por la alteración del medio físico natural, pues de hecho, este es uno de los

[461] Mark J., Logsdon, Karen, Hagelstein, y Terry I. Mudder, 2001, p. 28.
[462] Javier Ortega Morel, *Minería y tecnología: la compañía norteamericana de Real del Monte y Pachuca, 1906 a 1947*, Tesis doctoral, México, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras/UNAM, 2010, p. 209.
[463] Francisco Javier Meyer Cosío, *La Minería en Guanajuato. Denuncios, Minas y Empresas (1892-1913)*, México, El Colegio de Michoacán, Universidad de Guanajuato, 1998, pp. 243-246 y; Javier Ortega Morel, *Una aproximación a la historia de la minería del Estado de Hidalgo*, Pachuca, Hidalgo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Secretaría de Educación Pública, Colección Raíces Hidalguenses, 1997, p. 230.
[464] Javier Ortega Morel, 2010, p. 209.

legados que la actividad minera dejó a la región centro y sus minerales explotados, la contaminación, entre otros problemas de salud.

Mientras tanto, otrora en la región central de México, sobre la afectación producida por la minería en Pachuca-Real del Monte, se anota que "La deforestación que hoy en día se observa quizá no estaba tan avanzada a fines del siglo XVIII y principios del XX".[465] Esto en palabras de Robert W. Randall, nota que hizo en 1972. Con este último apunte, tenemos al menos tres distintos problemas heredados por la minería a la zona centro de México: uno, es la catástrofe que originó múltiples muertes humanas; dos, la contaminación por desechos tóxicos, y; tres, por cuestiones de deforestación. Así pues la afección, o mejor dicho, la parte destructiva de la minería deja huella histórica en los distritos en que se ha enclavado, pues ha atacado directo ante el orden natural de la región.

Es en la faceta negativa de la minería, donde la ciencia y la tecnología tienen que hacer frente a los efectos devastadores, puesto que, al alterar la naturaleza se corre un gran riesgo. Por lo tanto se deduce que el mayor efecto destructor de la minería, es la destrucción paulatina y sin retroceso del planeta. Esto no significa que no se esté trabajando en la atención de dicha problemática a nivel local y global.

La región estudiada en esta tesis, es una de las que ha sido afectada desde hace tiempo, en este contexto es necesario cuestionar ¿qué se ha hecho por revertir o al menos intentar reparar algunas afectaciones en la región del centro de México en el campo minero? Actualmente o mejor dicho, en los últimos años se ha optado a nivel global, por la construcción de Geoparques, en lo que anteriormente fueron centros mineros en apogeo. Esto con el fin de reactivar la economía local y/o mejorar la "calidad de vida", medio ambiente, etcétera, al tener un espacio de rehabilitación del área minera ya inactiva. Y en específico, ¿qué es un Geoparque? y ¿Cuál es su finalidad? Para responder a esto, cito de forma textual el siguiente texto, referente a la *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (UNESCO):

[465] Robert W. Randall, *Real del Monte. Una empresa minera británica en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 1972, p. 19.

> Un Geoparque es un área con límites bien definidos, que contiene un número significativo de sitios de interés geológico de importancia particular, rareza, o relevancia estética y paisajística, donde se destacan su biodiversidad y sus aspectos históricos y culturales. Estos sitios que representan la memoria de la Tierra, forman parte de un concepto integrado de protección, educación y desarrollo sustentable […] Actualmente existe una Red Global de Geoparques que está siendo promovida por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la cual cuenta con 77 Geoparques de 25 países, concentrados principalmente en Europa y China. Los Geoparques están resultando muy populares debido a la combinación de la conservación, desarrollo sustentable, y la participación de las comunidades locales […] Los Programas de Ciencias de la Tierra de la División de Ciencias Ecológicas y de la Tierra de la UNESCO, son los únicos de las Naciones Unidas que prestan atención particular al refuerzo del conocimiento del sistema Tierra. Estos programas propician la investigación interdisciplinaria en los campos de la Geología y la Geofísica, incluyendo la gestión sustentable del ambiente terrestre, al igual que los recursos minerales y energéticos. Por otro lado, estos programas tienen aplicaciones en la observación de la Tierra, mitigación de riesgos naturales y la protección del patrimonio geológico […] La Red Global de Geoparques trabaja en estrecha colaboración con el Centro para el Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO, la Red Global de Reservas de la Biosfera (MAB), instituciones nacionales e internacionales, y organizaciones no gubernamentales activas en la defensa del patrimonio geológico.[466]

Con esta información creo referir puntualmente lo que es un Geoparque y su finalidad, habrá que seguir de cerca esta nueva línea de rehabilitación minera. Actualmente en México se tienen en proyección dos Geoparques: uno en el estado de Hidalgo[467], y otro en El Oro-Tlalpujahua[468] (este último anunciado recientemente). De esta forma la región minera del centro de México se verá beneficiada por esta nueva tendencia de rehabilitación y que busca reposicionar la mejora de vida y medio ambiente en la comarca. Así pues es el desarrollo científico el mismo que tiene que visualizar los efectos que produce en términos materiales.

Para cerrar esta segunda conclusión convengo que el auge minero en México durante el Porfiriato produjo un cambio irreversible en términos de evolución tecnológica y científica, y a la vez, un estadio económico históricamente loable. La región central de

[466] *Red Global Geoparques Unesco*. [En línea] http://geachile.sernageomin.cl/que-es-un-geoparque/red-global-de-geoparques-de-unesco.html [Fecha de consulta: 31 de octubre de 2015].
[467] Para mayor información [En línea] http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_279.html [Fecha de Consulta: 30 de octubre de 2015].
[468] Consúltese nota periodística [En línea] https://www.quadratin.com.mx/educativas/Tendra-distrito-minero-Tlalpujahua-Geoparque/ [Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2015].

México disparó sus cifras de producción mineral, las empresas y/o fundos mineros que enuncié en esta investigación se vieron revolucionados (en términos de modernización) con capacidades antes no imaginadas. Esto se traduce en un alto impacto ambiental de la región, pues a más capacidad de explotación más destrucción se genera, y en la etapa metalúrgica a mayor cantidad de toneladas procesadas con los químicos, por ejemplo, la cianuración, mayor es el volumen de desechos contaminantes que tal vez por falta de logística y/o economía, desembocaban en los ríos o terrenos contiguos. Así pues queda la reflexión histórica sobre la región atendida.

III. La ciencia y la tecnología como factores del bienestar humano (hombre local), a partir de la experiencia histórico-minera de la región central de México[469]

Epicuro de Samos en su *Carta a Meneceo* dijo: "Que nadie, mientras sea joven, se muestre remiso en filosofar, ni, al llegar a viejo, de filosofar se canse. Porque, para alcanzar la salud del alma, nunca se es demasiado viejo ni demasiado joven".[470] En esta última conclusión se pretende transitar entre la historia y la filosofía, con el objetivo de cuestionar la gestión de la ciencia y a tecnología en distintas etapas de la historia. Para explorar en el razonamiento histórico alusivo al tema de la investigación, debemos cuestionarnos ¿en última instancia, quién o quiénes son los beneficiarios de los desarrollos científicos y tecnológicos en el contexto minero (históricamente)? Lo más común y aceptable para la mayoría, es que dichos progresos son en beneficio de la sociedad, o por lo menos, de las regiones en que se enclava la actividad minera. ¿Pero realmente esto es así? Si lo vemos más a fondo, posiblemente la realidad sea otra. ¿Qué hay de la sociedad y de los ingenieros o científicos que residían y trabajaban en los distritos mineros en estudio? En concreto, ¿Qué impacto tuvo la ciencia y la tecnología para el hombre de esa época y esa periferia?

En el apartado anterior se expuso un efecto paradójico de la minería en la comarca central de México, con respecto al terreno físico (material) y/o natural de la región en cuestión. En esta fase de la conclusión se busca un dar enfoque hacia el efecto producido en

[469] Antes de abordar esta conclusión, hago dos aclaraciones al respecto. Primero, no hago el análisis con una visión pesimista respecto al avance científico-tecnológico, sino al contrario, es para motivar el razonamiento sobre la problemática a partir de las conclusiones de esta investigación. Mi lógica se encamina a abrir nuevas líneas de investigación, y para ello se tiene que inquirir; o al menos motivar el debate, del cual se supone siempre surge alguna síntesis.

[470] *Alejandría Digital* (Blog Enciclopédico - Biblioteca Universal- Casa Editorial), [En línea] http://www.alejandriadigital.com/2015/11/29/carta-a-meneceo-de-epicuro-en-pdf-obra-de-dominio-publico/

el hombre (es decir, en la sociedad de la región minera), en términos del felicidad proporcionado por la ciencia y tecnología en la labor minera. ¿Trajeron la ciencia y la tecnología bienestar a la sociedad de la región central y de la época en estudio? Cuestionamiento que se hace a partir del razonamiento de Manuel Castillo Martos[471] quien aborda el tema de la felicidad, a partir de la ciencia y auxilio de la filosofía a través de la historia.

La pretensión de Castillo Martos es examinar en qué medida la ciencia y la tecnología brindan felicidad al hombre en la actualidad. Para esto, hace un análisis a partir de la filosofía, luego somete el concepto de felicidad en la sociedad decimonónica hasta la actualidad. Concluye que la noción de que ciencia y tecnología proporcionan felicidad es ya inútil para nuestros días. No se tiene por el momento la intensión cuestionar el tema en un entorno actual, sino llevar el análisis de Castillo Martos a la sociedad decimonónica y aplicarlo a la región minera bajo investigación, además de intentar comprender esa compleja realidad. Otros de los objetivos aquí, es el de resaltar y estudiar al hombre que interactuó en el desarrollo minero, ya sea como científico, técnico u obrero, pues, a raíz de este razonamiento, se dispone hasta el momento que estos son los agentes (los hombres locales) que auspiciaron el éxito de los implementos científico-tecnológicos. Es por ello que se hace esta reflexión para dar apertura, o bien, expandir el margen de investigación de la Historia de la Ciencia y la Tecnología en México, a partir de los actores en interacción con la prominente minería porfiriana.

Ocupémonos de una vez de esta última reflexión: ¿cuál fue el bienestar (la meta última del hombre, desde la concepción de Kant,[472] es la felicidad) conseguido de los hombres tanto de ciencia como técnicos (operarios) y obreros locales, a partir de la "modernización minera" de los distritos en observación? Al respecto se exponen algunas conjeturas. Castillo Martos después de haber depurado los textos filosóficos de Gottfried

[471] Manuel Castillo Martos, "Ciencia, Técnica y ¿Felicidad?", Belem Oviedo Gámez, Miguel Iwadare Iijima y Marco A. Hernández Badillo (Coordinadores), *Patrimonio Industrial Minero. Nuevas Alternativas para una Gran Historia*, México, Archivo Histórico y Museo de Minería Asociación Civil, Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial-México, Offset Universal, 2010, pp. 363-386.

[472] <<Kant es uno de los más importantes filósofos en la historia universal del pensamiento, comparable a Platón, Aristóteles, Sto. Tomás, y Hegel. Su vida entera, austera y metódica, la consagró a la ciencia y a la Filosofía, a la enseñanza y la reflexión, a la creación y la publicación de uno de los más originales sistemas filosóficos>>. Raúl Gutiérrez Saenz, *Historia de las Doctrinas Filosóficas*, México, Esfinge, 1999, p.137.

W. Leibnitz, Voltaire, Bertrand Russell, Immnuel Kant e incluso a Hegel, formula desde su óptica, la noción sobre felicidad. Que según él, define así: "La felicidad en mi opinión, es un estado emocional de equilibrio en el que, existiendo deseos vivenciales, éstos no parecen inalcanzables y los objetivos de consecución imposible no se desean. Algo así como la correspondencia adecuada entre los deseos personales y las circunstancias de todo tipo que conciernen a la vida de cada individuo […]".[473] Tomando esta definición como loable para aplicarla a los hombres de la región en tela, se somete el discurso de Castillo Matos en el entorno minero regional, para ello se configura una rápida discusión al respecto.

La mente colectiva concibe la creencia de que ciencia y tecnología restan sufrir al humano y por tanto dan bienestar (tómese como felicidad), ¿esto es real? ¿De dónde surge dicha noción? Aludiendo a lo primero, sí restan sufrimiento o fatiga, pero felicidad no (según Castillo Martos), y para responder la segunda pregunta, se tiene que "El cientismo tecnológico como ideología, hunde sus raíces en la revolución científica y la revolución tecnológica de los siglos XVI y XVII; se afirma con las luces de la ilustración dieciochesca; desarrolla el cuerpo de doctrina en el huracán industrialista del XIX […]".[474] Entonces, a partir de tal evidencia histórica debemos hacer el ejercicio de inquirir, si la tecnología y la ciencia han generado un progreso (bienestar interno) al hombre de la región centro de México en la época de Díaz, para ello debemos diferenciar a los hombres que interactúan en el campo minero. Primero, se tiene al prominente empresario (el cual se refiere como sujeto A); segundo, al científico o ingeniero (sujeto B); y tercero (y no por ello menos importante), al obrero (que será sujeto C). Y luego hay que asentar, qué se entiende por felicidad a partir de la aportación científica y tecnológica. Según Castillo Martos, actualmente la ciencia y la felicidad si proporcionan cierta reducción de focos de infelicidad, sin embargo, decir que la felicidad puede depender de dichos agentes es una idea, ya "obsoleta", pero si válida para la sociedad del siglo XIX. Por lo tanto argumenta que, "la ciencia y la tecnología […] sirven para mitigar el dolor de la enfermedad, facilitar por medio de la mejora de los transportes el conocimiento entre personas de muy variadas procedencias geográficas, o aliviar el esfuerzo físico a realizar en las tareas cotidianas, contribuye evidentemente a la felicidad de la Humanidad. Esta idea es decimonónica, ha

[473] Manuel Castillo Martos, 2010, p. 376.
[474] Manuel Castillo Martos, 2010, p. 378.

tenido sentido un tiempo, pero ha quedado obsoleta […]".[475] Así con esta idea de dicha época, se evoca el concepto colectivo y se intenta aterrizar en el entramado de este estudio.

Partamos de la concepción que tiene Castillo Martos sobre felicidad: "[…] es un estado emocional de equilibrio en el que, existiendo deseos vivenciales, éstos no parecen inalcanzables y los objetivos de consecución imposible no se desean. Algo así como la correspondencia adecuada entre los deseos personales y las circunstancias de todo tipo que conciernen a la vida de cada individuo […]".[476] Con relación a los sujetos que dependen a la actividad minera de la región en cuestión, se tiene que posiblemente para el sujeto A, tómese como ejemplo al francés Francisco J. Fournier, quien pasó de ser un hombre con visón, pero, no aún con un capital prominente, después sí se convirtió en un hombre importante de negocios en la comarca central de México. Aunque Fournier bien puede ser analizado también como hombre de ciencia, ahora lo remitiré a empresario exclusivamente.

Francisco Fournier al llegar "a El Oro a principios de la década de 1890 pudo comprobar que éste mineral y el de Tlalpujahua, […] constituían en sí mismos una compacta región económica en donde el comercio florecía y el movimiento poblacional era reflejo del auge minero que tenía lugar en su ceno".[477] Fournier, en la misma obra de Uribe Salas, se aprecia que ya había invertido en el negocio azucarero, sin embargo, no prosperó. Por lo tanto, se puede suponer que la meta última de Fournier, quizás era la de fincar una empresa cuyas magnitudes lo llevaran a acaudalar un voluminoso capital. Cuestión que sometió a Fournier a tomar una serie de decisiones, como todo hombre de negocios corrió riesgos, vendió algunas porciones de mina, gestionó préstamos, formó una Sociedad, etc. La ambición y habilidad de Fournier lo llevó al éxito, ya que sus pretensiones íntimas de alguna manera se fusionaron con el contexto externo. Y como anota Uribe Salas:

> El grupo primitivo de propietarios-gestores integrado por abogados, ingenieros y propietarios de tierras, al frente de las cuales figuró Francisco J. Fournier, y cuya última aparición en público ocurrió a principios de abril de 1909, cuando recibió la visita del general Porfirio Díaz en las

[475] Manuel Castillo Martos, 2010, p. 377.
[476] Manuel Castillo Martos, 2010, p. 376.
[477] José Alfredo Uribe Salas, *Empresarios del Metal Amarillo en México 1898-1938*, México, Cuadernos de Historia Empresarial, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Centro de Estudios Históricos Internacionales, Fundación Cultural Vueltabajo A.C., 2003, p. 17.

> instalaciones de la Compañía Minera Las Dos Estrellas, fue respaldado por dos de las más grandes instituciones financieras del mundo francés: el Banque Franco-egyptienne y el Crédit Lyonnais. Ello perimitió consolidar uno de los complejos industriales más sofisticado de la época, dedicado a extraer y beneficiar millones de toneladas de mineral, con los más bajos costos de producción alcanzados hasta entonces en el mercado nacional.[478]

Así se constata que el sujeto A (Fournier), logró consolidar un emporio minero de corte moderno y con alta producción. Se manifiesta en este sentido el factor de bienestar para este connotado francés. Ahora bien, hay que dar paso rápidamente al tratado del bienestar del sujeto B (hombre de ciencia minero), en el contexto aquí construido. Para ello se hace referencia de un notable ingeniero del siglo XIX, Santiago Ramírez Palacios (1836-1922), quien figuró ampliamente en escenario minero del México de la segunda mitad del siglo XIX y primeras décadas del XX; su accionar abarcó diferentes facetas en dicho rubro: desde profesor, aplicación de sus conocimientos como tal en el campo minero mexicano, así como amplio visionario del desarrollo científico y tecnológico de la minería.[479]

Tenemos que "Ramírez realizó trabajos para las compañías privadas, el primero en 1876, para la fundidora de El Oro, de donde era director; allí compartió sus observaciones con su colega Francisco Villar y Marticorena. En 1879 fue comisionado por los señores Lascurian para que representara un informe de la negociación de minas en el distrito de Huetamo, Michoacán, perteneciente a la Compañía Minera de Río Grande y Dolores, de capital inglés".[480] Esto es sólo para exponer uno de tantos campos de acción que tuvo o que tiene un sujeto B en el terreno minero de la región. Ahora bien, hay que hacer énfasis en la concepción de Santiago Ramírez respecto a la evolución científica y tecnológica de la minería mexicana, pues él, "estuvo plenamente convencido de que los profesionales [los ingenieros] eran los agentes de cambio, por ello debían participar en prácticas políticas; pues los ingenieros eran hombres educados, conocían bien las necesidades de la actividad minera y sobre todo, basaban sus estudios en la ciencia".[481] Estos apuntes son elementales para intentar comprender las condiciones internas que pretendía Ramírez Palacios materializar en el exterior para el bienestar no sólo de él, sino de ámbito minero mexicano.

[478] José Alfredo Uribe Salas, 2003, p. 35.
[479] Lucero Morelos Rodríguez, *La Geología Mexicana en el Siglo XIX. Una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena*, México, Secretaría de Cultura de Michoacán, Plaza y Valdés, 2012, pp. 72-93.
[480] Lucero Morelos Rodríguez, 2012, p. 85.
[481] Lucero Morelos Rodríguez, 2012, p. 85 y 86.

Por el momento parece pertinente lo anotado, para pasar a decir que la variante del bienestar en un hombre de ciencia (un sujeto B) del México decimonónico, era llevar su conocimiento teórico al campo práctico de la minería mexicana y efectuarlo con éxito, aunque de ello dependía la política del gobierno para hacer de la actividad un campo flexible y, a la vez, requerían que hubiera inversión para equipar tecnológicamente las minas (incluyendo: Investigación + Desarrollo). De esta forma el sujeto B, buscaba que las circunstancias externas compaginaran con sus aspiraciones internas, lo cual de realizarse, lograría un estadio de bienestar. En el contexto porfirista, "Los hombres de ciencia fueron los protagonistas y actores que trascendían la esfera científica, participando en la política, en la economía y en el diseño de las políticas públicas".[482] Así confirmó lo dicho anteriormente, el hombre de ciencia de la época se verá enfocado en resolver a como dé lugar, las problemáticas que limitan el progreso de México (en este caso material y económico del país), y por otro lado, estarán buscando su meta última: su felicidad, pues para ello tienen que lograr *ser* (hacer notar su espíritu investigador y científico).

En tanto que el sujeto C (el obrero), por ser un hombre limitadamente económico, para él, la dimensión de bienestar se reduce a la simple concepción de valerse de los bienes básicos para subsistir. El bienestar del obrero minero va ligarse a la pretensión de aspirar a un nivel socio-económico más estable, por lo tanto, primero tiene que haber empleo seguro (independientemente de las condiciones laborales), y esto se va a fomentar en el contexto porfirista, pues la modernización de los distritos mineros van a generar un alto impacto en la economía nacional, y por ende, habrá más probabilidades de empleo. Ahora bien, la introducción de ciencia y tecnología a la minería y metalurgia de la región centro de México, va a restar fatiga a los obreros que laboran en está. No es lo mismo laborar con pico y barretas, que utilizar tecnología neumática y dinamita (pólvora) para abrirse paso entre las profundidades de la Madre Tierra. Si bien, esto no significa bienestar del todo, si representa una disminución de infelicidad, causada por la fatiga. Posiblemente para los obreros de la época el limitado conocimiento que poseían y sus mermadas aspiraciones por el contexto, eran los sujetos que menos posibilidades tenían de experimentar algún estadio de bienestar, ya que estaban atados a una actividad de alto riesgo y eran ellos los que mayor

[482] Lucero Morelos Rodríguez, 2012, p. 86.

exposición tuvieron al peligro de morir sepultados por toneladas o por intoxicarse por la cianuración.

Consideraciones finales: Para el sujeto A (Fournier), tanto el bienestar como el malestar dependen del éxito económico de sus empresas, que en efecto, se valen de los equipos tecnológicos más modernos de la época para maximizar la explotación y producción (modernización minera durante el Porfiriato), y de los sujetos B (científicos) y C (obreros), para alcanzar su estadio de temporal bienestar (felicidad). En este sentido, la idea decimonónica de que la ciencia y la tecnología brindan felicidad es válida para el caso de Fournier. Mientras que para el sujeto B (Ramírez Palacios), la felicidad depende de las circunstancias favorables para que sus conocimientos y teorías sean puestos en práctica para resolver problemas. Por lo tanto, la ciencia y la tecnología como proveedores de felicidad a estos hombres de dicha época, es muy probable, que sí les brindará bienestar, pues eran instrumentos que ayudaban a sus pretensiones. Y para el sujeto C (los obreros), el sentido de bienestar puede ser, o más complicado de llegar, o más fácil de alcanzarlo (aunque fuese muy efímera su experimentación), pues como son sujetos altamente dependientes tanto de los sujetos A y B, como del contexto, tienen menos posibilidad del bienestar último (o por lo menos hasta ahora eso concluyó). Se tiene entonces que el supuesto bienestar (estadio de felicidad temporal) para los sujetos A, B y C, se manifiesta en diferente frecuencia, según su campo de acción y que sus aspiraciones internas coincidan con las circunstancias externas, es un factor determinante.

La cuestión global del tratado de ciencia y tecnología como actores de felicidad, reside, en el orden de la gestión (noción no en el contexto de hacer rentables los recursos, sino, en qué medida se disponen los recursos y beneficios para el bien social y/o local), pues el problema en sí, es la administración de los recursos científicos y tecnológicos. "La interrupción de la lógica progresista no significa volver a las cavernas. Es sencillamente saber si hacemos del progreso el objetivo de la humanidad o a la humanidad el objeto del progreso. En el primer caso convertimos al hombre en combustible del progreso, en mero medio al servicio de nuevas conquistas del conocimiento, del enriquecimiento o de la felicidad (de unos pocos); en el segundo, hacemos al hombre medida de todas las cosas y el progreso un instrumento cuyos éxitos no valen sacrificio de una sola vida humana".[483] Con

[483] Manuel Castillo Martos, 2010, pp. 383-384.

estas ideas se deja abierto el tema, sin duda, una cuestión que merece explorarse con mayor entusiasmo por la Historia de la Ciencia y la Tecnología. Y de paso, habrá que recordar las nociones de Heródoto, Florescano y Collinwood, referidos al inicio. Para concluir el análisis y por lo tanto la presente tesis, se dejan las siguientes interrogantes en apertura y por resolver. **¿Qué progreso hay, cuando un artefacto tecnológico por más novedoso y actual que sea, mantiene al hombre arraigado a una práctica de explotación arcaica?** o, ¿Será inevitable la no sustitución de mano de obra en las operaciones más desgastantes, o irremplazables por una máquina? por lo tanto, En cada producto de la minería, ha habido, hay y habrá hombres que trabajen intensamente. O mejor dicho, si la ciencia y la tecnología proporcionan "progreso", **¿La gestión de la ciencia y la tecnología debe replantearse, ya que la experiencia histórica nos dice que si hay un gran progreso, más no homogéneo?**

El desarrollo científico y tecnológico debe ser encaminado al asunto de la calidad de vida humana, sin distinción de nación alguna, México como se ha visto carece en gran parte de esta noción, que por múltiples factores no se logra avanzar como debiera. Hay que replantear a nivel nacional la forma en que las tecnologías y recursos naturales deben ser gestionados para generar un efecto menos nocivo a los ecosistemas y a la sociedad mexicana. Es aquí donde la aportación del conocimiento histórico debe cooperar y fomentar una consciencia más activa, pues las generaciones venideras atenderán problemas más fuertes en los ámbitos aquí problematizados. Hay que dimensionar el trabajo de los hombres de ciencia en la cotidianidad e impacto o beneficio a la sociedad, ya que la resolución a nuestros problemas colectivos reside en la proyección individual de cada uno y por ser estos de relevante función por sus aportaciones y descubrimientos.

LÉXICO DE MINERÍA REGIONAL[484]

Alquimia: Conjunto de especulaciones y experiencias, generalmente de carácter esotérico, relativas a las transmutaciones de la materia, que influyó en el origen de la ciencia química y tuvo como fines principales la búsqueda de la piedra filosofal y de la panacea universal.[485]

Amalgamación: Proceso químico metalúrgico mediante el cual se separa la plata y el oro del resto del mineral. La amalgama es la combinación del mercurio con otros metales (amalgama: mercurio-oro y/o plata). El principal reactivo utilizado es el mercurio.

Argentífero (a): Relativo a la plata (del latín: *argentum*).

Aurífero: Relativo al oro (del latín: *aurum*).

Beneficiar: Proceso físico y químico por medio del cual se separaban los metales comerciales del resto del mineral extraído de la mina.

Buscón: Trabajador minero independiente que realizaba su actividad en minas cuyos dueños no las podían trabajar con recursos propios, o en lugares abandonados.

Cianuración: Método para extraer los metales precisos contenidos en las menas, aprovechando las características disolventes del cianuro, especialmente del cianuro de potasio.

Concentrado: Producto obtenido en el proceso de beneficio, que contenía un alto porcentaje de metal precioso.

Denuncio: Solicitud de concesiones de una mina.

Ensaye: Análisis por medio del cual se establecía las leyes de las menas.

Ferrería: Instalaciones donde se funde y trabaja el hierro.

Fragua: Fogón en que se caldean los metales para forjarlos, avivando el fuego mediante una corriente horizontal de aire producida por un fuelle o por otro aparato análogo (del latín: *fábrica 'taller'*).[486]

---

[484] La conceptualización o definición de las palabras aquí referidas, son una recopilación, extracción y fusión textual de las siguientes obras (a excepción de las referidas directamente con fuente): Francisco Javier Meyer Cosío, *La Minería en Guanajuato. Denuncios, Minas y Empresas (1892-1913)*, México, El Colegio de Michoacán, Universidad de Guanajuato, 1998, pp. 243-246 y; Javier Ortega Morel, *Una aproximación a la historia de la minería del Estado de Hidalgo*, Pachuca, Hidalgo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Secretaría de Educación Pública, Colección Raíces Hidalguenses, 1997, pp. 33-34.

[485] *Diccionario de la Lengua Española*, Real Academia Española [En línea], http://dle.rae.es/?id=25KSS9r

[486] *Diccionario de la Lengua Española*, Real Academia Española [En línea], http://dle.rae.es/?id=INK5SKo

Fuelle: instrumento para recoger aire y lanzarlo con una dirección determinada, que esencialmente se reduce a una caja con tapa y fondo de madera, costados de piel flexible, una válvula por donde entra el aire y un cañón por donde sale cuando, plegándose los costados, se reduce el volumen del aparato (del latín: *follis*).[487]

Fundo: La propiedad entera. Conjunto de instalaciones y obras subterráneas formado por la mina y la infraestructura que permitía su explotación.

Galereña: Mujer que realizaba en galeras el trabajo de apartar el mineral que no contenía valores de metales preciosos. Decíase también pepenadora.

Granceo: Etapa del proceso de beneficio, donde es seleccionado el mineral y luego se reduce a un tamaño manuable, antes de ser pulverizado.

Hacienda de beneficio: Conjunto de instalaciones para realizar las operaciones químico metalúrgicas tendentes a producir metales o concentrados a escala industrial.

Jales: Polvos sobrantes del beneficio de los minerales.

Ley: Cantidad de metal precioso contenida en un objeto.

Malacate: Equipo mecánico para el ascenso y el descenso de materiales y personas al interior de una mina.

Mena: La parte comercial del mineral extraído.

Socavón: Callejón subterráneo por las faldas de los montes para comunicarse con los tiros, desaguar las minas y sacar metales, tepetates y desmontes. Obra minera de acceso, generalmente horizontal o con poca pendiente para salida de agua o como vía de comunicación.

Operario: Nombre genérico que recibían los trabajadores de una mina.

Tenatero: Obrero que extraía el material de las minas en cestas conocidas como tenates.

Terrero: Mineral sin valor o de poco valor comercial extraído de la mina.

Tiro: Excavación vertical de usos múltiples. Principalmente los tiros eran vías de accesos de los operarios, para sacar el mineral, extraer agua o para ventilación.

Veta: Cuerpo mineral. La vena metálica. Filón.

[487] *Diccionario de la Lengua Española*, Real Academia Española [En línea], http://dle.rae.es/?id=IYVEgU4

ANEXOS

Anexo 2.1

CÓDIGO DE MINAS DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS[488]
Noviembre de 1884

SECRETARIA DE ESTADO
Y DEL DESPACHO
DE FOMENTO, COLONIZACION, INDUSTRIA
Y COMERCIO
DE LA REPUBLICA MEXICANA

SECCION 4a.

El Presidente de la República se ha servido dirigirme el decreto que sigue:
MANUEL GONZALEZ, Presidente constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, a los que el presente vieren, sabed:

Que en uso de las autorizaciones concedidas al Ejecutivo por la ley de 15 de Diciembre de 1883, he tenido a bien expedir el siguiente:

CODIGO DE MINAS
DE
LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

TITULO I

De las minas y de la propiedad minera.

Artículo 1. Son objetos de este Código:

I. Las minas y criaderos de todas las sustancias inorgánicas que en vetas, en mantos o en masas de cualquiera forma, constituyan depósitos cuya composición sea distinta de la de las rocas del terreno, como el oro, la plata, el cobre, el hierro, el manganeso, el plomo, el mercurio, el antimonio, el zinc, el azufre, la sal gema y las demás sustancias análogas cuyo aprovechamiento exija trabajos mineros. **(Circular de Mayo 29 de 1889,** pág. 190).

II. Los placeres de oro y de platino, con los metales que los acompañan, y los de piedras preciosas empleadas en joyería.

III. Las haciendas de beneficio y sitios para construirlas, entendiéndose bajo la primera denominación todos los establecimientos industriales de minería, en los que por

[488] Estos primeros ocho artículos citados del Código de Minas de 1884, fueron extraídos textualmente para proporcionar una idea más sólida con relación a esta tesis respecto a la modificación del modelo minero mexicano. Para ello consúltese la obra: *Legislación Minera Mexicana, desde 1881 hasta nuestros días*, México, Consejo de Recursos No Renovables, Vol. II, 12 E publicación, 1964, pp. 57-58.

cualquier clase de procedimientos se separen algunas de las sustancias contenidas en las materias extraídas en las minas o placeres de que hablan las dos fracciones anteriores.

IV. Las aguas extraídas de las minas, y las que se necesiten para bebida de los operarios y animales, fuerza motriz o cualquiera otro uso en las minas y haciendas de beneficio.

Art. 2. Las minas y placeres de que tratan las fracciones I y II del artículo antecedente, forman un inmueble distinto del suelo en el cual o bajo cuya superficie se encuentren, aunque lleguen a pertenecer a un mismo dueño.

Art. 3. La propiedad de las minas, placeres, haciendas de beneficio y aguas, a que se refiere el artículo 1o., se adquiere en virtud del descubrimiento y denuncio, las condiciones que en adelante se fijan en el presente Código.

Art. 4. La ley concede a los particulares, conforme al artículo anterior, la propiedad de las minas por tiempo ilimitado, bajo condición de trabajarlas y explotarlas según los preceptos de este Código y de los reglamentos que se dicten para su ejecución, a fin de promover a la conservación de las minas y seguridad de los trabajadores.

Art. 5. Toda persona capaz de adquirir legalmente bienes raíces en la República Mexicana, puede adquirir las minas, placeres, haciendas de beneficio y aguas comprendidas en el artículo 1o.

Art. 6. Los extranjeros pueden adquirir la propiedad minera en los términos y con las restricciones con que las leyes de la República los consideren capaces de adquirir, poseer y transmitir la común; sometiéndose, como los mexicanos, a las prescripciones de esta ley y a las demás que se expidieron, relativas al ramo de Minería.

Art. 7. La propiedad minera adquirida conforme a este Código, se transfiere libremente, como cualquiera otra propiedad raíz, sujetándose a las prescripciones relativas de la legislación vigente.

Art. 8. La propiedad minera no caduca sino en los casos expresamente determinados en este Código.

Anexo 2.2

LEY MINERA Y DE IMPUESTO A LA MINERIA[489]
Junio 1892

SECRETARIA DE ESTADO
Y DEL DESPACHO
DE FOMENTO, COLONIZACION E INDUSTRIA
DE LA REPUBLICA MEXICANA

SECCION 3a.

El Presidente de la República se ha servido dirigirme el decreto que sigue:

"PORFIRIO DIAZ, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicano, a sus habitantes, sabed:

Que el Congreso de la Unión ha tenido a bien decretar lo siguiente:

"El Congreso de los Estados Unidos Mexicanos decreta:

LEY MINERA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

TITULO I

De las minas y de la propiedad minera.

Artículo 1o.

La propiedad minera en los Estados Unidos Mexicanos se regirá por las siguientes bases, que reglamentará el Ejecutivo, de acuerdo con sus facultades constitucionales.

Artículo 2o.

Son objeto de la presente ley las substancias [*sic*] minerales que no pueden ser explotadas sin previa concesión, y aquellas para cuya extracción se requieren trabajos que puedan poner en peligro la vida de los operarios, la seguridad de las labores y la estabilidad del suelo.

Artículo 3o.

Las substancias [*sic*] minerales para cuya explotación es indispensable, en cada caso, la concesión correspondiente, son las que en seguida se enumeran, cualquiera que sea la naturaleza, forma y situación de sus criaderos respectivos:

A. Oro; platino; plata; mercurio; hierro; excepto el de pantanos, el de acarreo y los ocres que se exploten como materia colorante; plomo; cobre; estaño, excepto el de acarreo; zinc; antimonio; níquel; cobalto; manganeso; bismuto y arsénico; ya se encuentren en el estado nativo o mineralizadas.

B. Las piedras preciosas, la sal gema y el azufre.

[489] Los artículos plasmados son extracción textual de la obra: *Legislación Minera Mexicana, desde 1881 hasta nuestros días*, México, Consejo de Recursos No Renovables, Vol. II, 12 E publicación, 1964, pp. 1443-144 y 147.

Artículo 4o.

El dueño del suelo explotará, sin necesidad de concesión especial en ningún caso, las substancias [*sic*] minerales siguientes:

Los combustibles minerales. Los aceites y aguas minerales. Las rocas del terreno, en general, que sirven ya como elementos directos, ya como materias del suelo, como las tierras, las arenas y las arcillas de todas clases. Las substancias [*sic*] minerales exceptuadas de concesión en el artículo 3o. de esta ley; y en general todas las no especificadas en el mismo artículo de ella.

Los trabajos de excavación superficiales o subterráneos que exija la explotación de algunas de esas substancias [*sic*], quedarán siempre sujetos a los reglamentos que se expidan para la policía y seguridad de las minas.

Artículo 5o.

La propiedad minera legalmente adquirida y la que en lo sucesivo se adquiera con arreglo a esta ley, será irrevocable y perpetua, mediante el pago del impuesto federal de propiedad, de acuerdo con les prescripciones de la ley que establezca dicho impuesto…

TITULO III

De los modos de adquirir las concesiones mineras

Artículo 16

La Secretaría de Estado y del Despacho de Fomento nombrará en los Estados, Territorios y Distrito Federal, los Agentes especiales dependientes de ella, ante quienes se presentarán las solicitudes de concesiones mineras. Estos Agentes estarán autorizados a cobrar honorarios, según el arancel que fije la misma Secretaría.

Artículo 17

Los Agentes de la Secretaría de Fomento recibirán las solicitudes de concesiones mineras, asentando inmediatamente en un registro el día y hora de la presentación. Procederán en seguida a la publicación de la solicitud y a la medición de las pertenencias por el perito o práctico que ellos nombren y, siempre que no hubiese opositor, remitirán copia del expediente y del plano a la Secretaría de Fomento, para la correspondiente aprobación y expedición del título.

El Reglamento fijará los plazos dentro de los cuales deberán cumplirse esos trámites y detallará los procedimientos de los Agentes.

Artículo 18

Obtenida la aprobación del expediente y expedido el título de propiedad a favor del concesionario, entra éste en posesión de las pertenencias mineras, sin que se necesite para ello de ninguna otra formalidad.

Artículo 19

Las Agentes de la Secretaría de Fomento no podrán suspender por ningún motivo la tramitación de los expedientes, si no es en el caso de oposición; y una vez fenecidos los plazos que fije el Reglamento, estarán obligados a remitir desde luego copia del expediente,

en el estado en que se encuentre, a la Secretaría de Fomento, para que examinado por éstas, declare desistido al solicitante moroso, si ha lugar a ello, o exija la responsabilidad al agente, si por su causa se entorpecieron los trámites. El solicitante moroso no podrá volver a pedir la misma concesión…

REGLAMENTO DE LA LEY DE IMPUESTO A LA MINERIA[490]
Junio de 1892

SECRETARIA DE ESTADO
Y DEL
DESPACHO DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO.
MEXICO.
Decreto

El Presidente de la República se ha servido aprobar el siguiente
REGLAMENTO
de la
Ley de Impuesto a la Minería, de 6 de Junio de 1892.

Impuesto Sobre Títulos

Artículo 1o.

Son materia del impuesto establecido por esta ley, las propiedades mineras existentes y las que en lo sucesivo otorgue la Secretaría de Fomento, conforme al artículo 3o. de la ley de 4 del que rige. No quedan sujetas a ella, en materia de impuestos, sino sólo a la ley de 6 de Junio de 1887 y demás vigentes, las propiedades mineras definidas en las fracciones III y IV del artículo 1o. del Código de Minería de 22 de Noviembre de 1884…

Impuesto anual

Artículo 17

El impuesto anual de que habla el artículo 4o. de la ley se recaudará por las oficinas de la Renta del Timbre conforme a las leyes de 31 de Marzo de 1887, 9 de Diciembre de 1891 y demás vigentes, y se pagará en estampillas de la Renta interior, las cuales llevarán un resello que las atraviese diagonalmente y que diga "IMPUESTO MINERO".

Artículo 18

Los Administradores Principales de la Renta del Timbre percibirán, como único honorario, el 2 por ciento del producto bruto por la venta de estampillas para el impuesto anual de Minería…

[490] Lo plasmado es también una selección de textos legislativos, que nos ayudan a ilustrar un poco la noción de los componentes legales en beneficio de la minería. Para mayor información véase: *Legislación Minera Mexicana, desde 1881 hasta nuestros días*, México, Consejo de Recursos No Renovables, Vol. II, 12 E publicación, 1964, pp. 163 y 165

FUENTES

Bibliografía:

Obras contemporáneas al Porfiriato:

DAHLGREN, Charles B., *Minas históricas de la Republica Mexicana*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1897.

REPORTE de condición. "Mexican Gold Recovey". En: *The Two Republics*, Ciudad de México. Vol. XL. Núm. 26. Miércoles 30 de enero de 1895.

INSTITUTO Geológico Mexicano, *El Mineral de Pachuca*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1897.

Obras modernas:

ALATRISTE Guzmán, Oscar, *Desarrollo de la industria y la comunidad minera de Hidalgo de Parral durante la segunda mitad del siglo XVIII (1765-1810)*, México, UNAM, 1983.

ALBA Andrade, Fernando, *El desarrollo de la tecnología, la aportación de la Física*, México, SEP, Fondo de Cultura Económica, 1987.

ANTÚNEZ Echegaray, Francisco, *Monografía histórica y minera sobre el distrito minero de Guanajuato*, México, Consejo de Recursos No Renovables, 1964.

ARRILLAGA, Francisco, *Proyecto del primer camino de hierro de la República, desde el Puerto de Veracruz a la capital de México*, México, impreso por Ignacio Cumplido, 1837.

ARÓSTEGUI, Julio, *La Investigación Histórica: Teoría y Método*, España, Editorial Crítica, 2001.

BAKEWEKLL, P.J., *Minería y Sociedad en el México Colonial, Zacatecas (1546-1700)*, México, Fondo de Cultura Económica, 1976.

BARGALLÓ, Modesto, *La minería y la metalurgia en la América Española durante la época colonial*, México, Fondo de Cultura Económica, 1955.

BARGALLÓ, Modesto, *La química inorgánica y el beneficio de los metales en el México prehispánico y colonial*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1966.

BECERRA González, María, *Derecho Minero de México*, México, Limusa-Wiley, 1963.

BECHER, C. C., *Cartas sobre México. La República Mexicana Durante los años decisivos de 1832 y 1833*, México, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de México, Traducción del alemán: Juan A. Ortega y Medina, 1959.

BLANCO, Monica, Parra, Alma y Ethelia Ruiz Medrano, *Guanajuato. Historia breve*, 2010.

BRADING, David, *Mineros y comerciantes en el México borbónico 1763-1810*, México, Fondo de Cultura Económica, 1977.

CHANG, Raydmond, *Principios esenciales de Química General*, cuarta edición, México, McGraw-Hill, 2006.

CHAPMAN, Stephen J., *Máquinas eléctricas*, México, McGraw-Hill, 2005.

CHÁVEZ Orozco, Luis (Compilador), *La situación del minero asalariado en la Nueva España a fines del siglo XVIII*, México, CEHSMO, 1978.

CALDERÓN, Francisco, "La Republica Restaurada. La vida económica. La minería", en: Daniel Cosío Villegas (Coordinador), *Historia Moderna de México*, México, Hermes, 1993.

CALDERÓN, Francisco R., "Obras públicas", en: Daniel Cosío Villegas (Coordinador), *Historia Moderna de México. La República Restaurada II. Vida Económica*, México, Hermes, 1993.

CANUDAS Sandoval, Enrique, *Las venas de plata en la Historia de México. Síntesis de Historia Económica Siglo XIX*, vols. I, II y III, México, Editorial Utopía, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005.

CÁRDENAS García, Nicolás, *La quimera del desarrollo. El impacto económico y social de la minería en El Oro, Estado de México (1900-1930)*, México, Instituto de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana/Secretaría de Gobernación, 1996.

CARDOSO, Ciro y Pérez Brignoli, Héctor, *Los Métodos de la Historia. Introducción a los problemas, métodos y técnicas de la historia demográfica, económica y social*, México, Grijalbo, 1977.

CARDOSO, Ciro (Coordinador), *México en el siglo XIX. (1821-1910), Historia Económica y de la estructura social*, México, Editorial Nueva Imagen, 1998.

CARREÑO, Gloria, Angangueo. *Un pueblo que se negó a morir*, México, La Impulsora Minera de Angangueo, 1983.

CARRILLO Azpeitia, Rafael, *El movimiento obrero mexicano 1823-1912*, México, Secretaria del Trabajo y Previsión Social, 1989.

CASTILLO Martos, Manuel, "Ciencia, Técnica y ¿Felicidad?, en: Belem Oviedo Gámez, Miguel Iwadare Iijima y Marco A. Hernández Badillo (Coordinadores), *Patrimonio Industrial Minero. Nuevas Alternativas para una Gran Historia*, México, Archivo Histórico y Museo de Minería Asociación Civil, Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial-México, Offset Universal, 2010.

Cfr. *Diccionario Enciclopédico Espasa*, Madrid, España-Calpe, S. A., t. 11, 1979.

COATSWORTH, John H., *El impacto económico de los ferrocarriles en el Porfiriato. Crecimiento contra desarrollo*, (Colección Problemas de México), México, Ediciones Era, 1984.

COLL Hurtado, Atlántida y María Teresa Sánchez Salazar, "Minería y Electricidad", en: Inés Herrera Canales (Coordinadora), *La minería mexicana. De la Colonia al siglo XX*, México, Instituto Luis Mora, 1998.

CÓRDOVA Quintana, Juan Manuel, *Los Ferrocarriles en la formación del mercado nacional en México. El caso de la región oriente de Michoacán, 1880-1917*, Tesis de Licenciatura, Morelia, Michoacán, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2012.

CORONA Chávez, Pedro y José Alfredo Uribe Salas, *Atlas Cartográfico del Distrito Minero El Oro-Tlalpujahua*, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad de Guanajuato, COECYD Michoacán, CONACYD, 2009.

CORONA Treviño, Leonel, "Técnicas, ciencias y tecnologías", En: Semo, Enrique (coord), *La tecnología, siglos XVI al XX*, México. Ed. OCEANO, UNAM, 2004.

CORTÉS García, Pedro, *Entre recuas y rieles. El sistema de arriería: un transporte tradicional ante la modernidad porfiriana, el caso de Michoacán (1875-1910)*, Tesis de Licenciatura, Morelia, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2004.

COSÍO Villegas, Daniel, *Historia moderna de México. El Porfiriato. La vida política interior*, parte segunda, México/Bueno Aires, Editorial Hermes, 1973.

COSTELOE, Michael P., *La República central en México, 1835-1846. "Hombres de bien" en la época de Santa Anna*, México, Fondo de Cultura Económica, 2000.

DENÍSOVICH Alcantar Terán, Iván y María Cristina Soriano Valdez, "La construcción del Real Colegio de Minería, 1797-1813", en: *200 años del Palacio de Minería: su historia a partir de fuentes documentales*, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de México, 2013.

D´OLWER, Luis Nicolau, "Las inversiones extranjeras", en: Daniel Cosío Villegas (Coordinador), *Historia Moderna de México, El Porfiriato, La vida económica, Segunda parte*, México, Hermes, vol. VIII, 1993, p. 1090.

DERRY, Thomas Kingston y Trevor Williams, *Historia de la Tecnología. Desde la antigüedad hasta 1750*, España, Siglo veintiuno editores, vol. 1, 1991.

DERRY, Thomas Kingston y Trevor Williams, *Historia de la Tecnología. Desde 1750 hasta 1900 (I)*, España, Siglo veintiuno editores, vol. 2, 1991.

DERRY, Thomas Kingston y Trevor Williams, *Historia de la Tecnología. Desde 1750 hasta 1900 (II)*, España, Siglo veintiuno editores, vol. 3, 1991.

DERRY, Thomas Kingston y Trevor Williams, *Historia de la Tecnología. Desde 1990 hasta 1950 (I)*, España, Siglo veintiuno editores, vol. 4, 1991.

DERRY, Thomas Kingston y Trevor Williams, *Historia de la Tecnología. Desde 1990 hasta 1950 (II)*, España, Siglo veintiuno editores, vol. 5, 1991.

FLORES, Teodoro y PÉREZ Escutia, Ramón Alonso, *Geología Minera de la Región Noreste del Estado Michoacán, (Ex distritos de Maravatío y Zitacuaro)*, Morelia, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, H. Ayuntamientos Constitucionales de la Región Oriente de Michoacán, 2002-2004, 2002.

GÁMEZ Rodríguez, Moisés, *Propiedad y empresa minera en la Mesa centro-norte de México. Guanajuato, San Luís Potosí y Zacatecas, 1880-1910*, Tesis doctoral, Barcelona, Universidad Autónoma Barcelona/Departamento de Economía y de Historia Económica, 2004.

GIRAL González P., Sergio y Eduardo Montaño A., *La industria Química en México*, México, Redacta, 1978.

GONZÁLEZ Arriaga, Verónica, *La política exterior de México hacia Centroamérica. 1890-1906*, México, Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, 2000.

GUZMÁN Ávila, José Napoleón, *Michoacán y la inversión extranjera, 1880-1911*, Colección Historia nuestra núm. 3, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1982.

FLORES Clair, Eduardo, *Conflictos de trabajo de una empresa minera, Real del Monte y Pachuca 1872-1877*, México, Dirección de Estudios Históricos/INAH, (Colección Divulgación), 1991.

FLORES Clair, Eduardo, Cuauhtémoc Velasco Ávila, Elia Ramírez Bautista, *Estadísticas mineras de México en el siglo XIX*, México, Dirección de Estudios Históricos/INAH, (Cuaderno de Trabajo, Núm. 47, Vol. I) 1985.

FLORESCANO, Enrique, et.al., *La clase obrera en la historia de México. De la Colonia al Imperio*, México, Siglo Veintiuno Editores, 1983.

GÁMEZ Rodríguez, Moisés, *Propiedad y empresa minera en la Mesa centro-norte de México. Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas, 1880-1910*, Tesis de doctorado, Barcelona, España, Departamento de Economía y de Historia Económica de la Universidad Autónoma de Barcelona, 2004.

GARCÍA Torres, José, *Encamación. Evolución y perspectiva de la industria del cobre en México 1891-1974, con proyección a 1985*, México, Tesis Profesional, Escuela Nacional de Economía, UNAM, 1976.

GAY, Aquiles y Sebastián Dovis, *Máquina de vapor*, Buenos Aires, Argentina, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, Instituto Nacional de Educación Tecnológica, serie: Recursos Hidráulicos, 2006.

GIRAL B., José, Sergio González P. y Eduardo Montaño A., *La industria Química en México*, México, redacta, 1978.

GRINBERG, Dora M.K. de, *Los señores del metal. Minería y metalurgia en Mesoamérica*, México, Consejo Nacional para la Cultura y La Artes-Pangea Editores, 1990.

GODAU Schucking, Rairner, *Estado y acero. Historia política de Las Truchas*, México, El Colegio de México, 1982.

GÓMEZ, Aurora, "El desempeño de la Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey durante El Porfiriato", en: Carlos Marichal y Mario Cerutti (Compiladores), *Historia de las Grandes Empresas en México, 1850-1930*, México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Fondo de Cultura Económica, 1997.

GÓMEZ Mendoza, Oriel, *Cianuración Argentífera en Guanajuato. Construyendo Modernidades*, El Colegio de Michoacán, Facultad de Historia/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2013.

GÓMEZ Mendoza, Oriel, *De empresa familiar a trasnacional minera. Guanajuato. Principios del Siglo XX*, México, Instituto de Investigaciones Históricas, Facultad de Historia/UMSNH, 2007.

GÓMEZ Mendoza, Oriel, *La Guanajuato Reduction and Mines Company Una empresa minera Norteamericana en Guanajuato 1904-1929*, Tesis de licenciatura en Historia, Morelia, Michoacán, Facultad de Historia/UMSNH, 1988.

GONZÁLEZ Ramírez, Manuel, *La huelga de Cananea*, México, Fondo De Cultura Económica, 1960.

GONZÁLEZ Reyna, Jenaro, *Riqueza minera y yacimientos mineros de México*, Banco de México, S. A., 3ª. Edición, México, 1956.

GUTIÉRREZ López, Edgar O., *La inversión inglesa en la minería mexicana*, México, Dirección de Estudios Históricos, INAH, (Cuaderno de Trabajo No. 48), 1986.

GUZMÁN, José Napoleón, *Michoacán y la Inversión extranjera 1880-1911*, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1982.

HASEN, Roger D., *La política del Desarrollo Mexicano*, México, Siglo veintiuno editores, 1971.

HEREDIA Herrera, Antonio, *La renta del azogue en Nueva España 1709-1751*, Sevilla, España, Escuela de Estudios Hispanoamericanos, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1978.

HERREJON Paredo, Carlos, *Tlalpujahua*, (Monografías municipales del estado de Michoacán), México, Gobierno del Estado, 1977.

HERRERA Canales, Inés y Ortiz Peralta, Rina (compiladoras), *Minería americana colonial y del siglo XIX*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1994.

HERRERA Amylcar Q., *Los recursos mineros y los límites del crecimiento económico*, México, Siglo Veintiuno Editores, 1974.

HERRERA Canales, Inés: et.al., *Etnia y clase, los trabajadores ingleses de la Compañía Real del Monte y Pachuca. 1824-1906*, México, Departamento de Investigadores Históricos/INAH, (Cuaderno de Trabajo, Núm. 38) 1981.

HERRERA Canales, Inés (coordinadora), *La minería mexicana. De la Colonia al siglo XX*, México, Instituto Mora, El Colegio de Michoacán, El Colegio de México, Instituto de Investigaciones Históricas-UNAM, 1988.

HERRERA Canales, Inés, "La circulación (comercio y transporte en México entre los años 1880-1910)", en: Ciro Cardoso (Coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia Económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1980.

HISTORIA de la moneda y del billete en México, México, Banco de México, Septiembre 2014.

HOOVER, Theodore Jasse, *Economía minera*, México, Fondo de Cultura Económica, 1946.

ILÁN, Bisberg, *La acción obrera en las Truchas*, México, El Colegio de México, 1952.

IZQUIERDO, José Joaquín, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1812)*, México, Ediciones Ciencias, 1958.

KÉDRÓV, M.B. y Spirkin, A., *La Ciencia*, México, enlace Grijalbo, 1968.

KELLY, Errol G., *Introducción al procesamiento de minerales*, México, Editorial Limusa, 1990.

KNIGHT, Alan, *La revolución mexicana del porfiriato al nuevo régimen constitucionalista*, México, Editorial Grijalva, 1996.

KUNTZ Ficker, Sandra, *Empresa extranjera y mercado interno, El ferrocarril Central Mexicano 1880-1907*, México, El Colegio de México, 1995.

KUNTZ Ficker, Sandra y Elisa Speckman Guerra, "El Porfiriato", en: *Nueva Historia General de México*, México, El Colegio de México, 2010.

LANG, Marvin, *El monopolio estatal del mercurio en el México Colonial*, México, Fondo de Cultura Económica, 1977.

LEGISLACIÓN Minera Mexicana, desde 1881 hasta nuestros días, México, Consejo de Recursos No Renovables, Vol. II, 12 E publicación, 1964.

LÓPEZ Austin, Alfredo y Leonardo López Luján, *El pasado indígena*, México, El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica, 2001.

LEÓN Portillo, Miguel, Jorge Carría Lacroiy, Roberto Moreno y Enrique Madero Bracho, *La minería en México, Estudios sobre su desarrollo histórico*, México, UNAM, 1978.

LÓPEZ Cámara, Francisco, *La estructura económica y social de México en la época de la reforma*, séptima edición México, Siglo XXI Editores, 1890.

LÓPEZ Miramontes, Álvaro y Cristina Urrutia de Stebeki, *Las Minas de Nueva España en 1774*, México, Departamento de Investigaciones Históricas/INAH., (Colección Científica-Fuentes, Núm. 89) 1980.

LÓPEZ Rosado, Diego G., *Problemas económicos de México*, tercera edición, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1970.

MALDONADO Gallardo, Alejo, Sergio Guerra Vilaboy, *La Revolución Mexicana: una lucha que cambió la historia de un pueblo 1910-1940*, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2010.

MALISHEV, A., *Tecnología de los metales*, México, Limusa, 2005.

MARICHAL, Carlos y Mario Cerutti (compiladores), *Historia de las grandes empresas en México, 1850-1930*, México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Fondo de Cultura Económica, 1997.

MARICHAL, Carlos, *Las inversiones extranjeras en América Latina*, México, Fondo de Cultura Económica, 1989.

MEDINA, Manuel y Teresa Kwiatkowska (coordinadores), *Ciencia, tecnología/ naturaleza, cultura en el siglo XXI*, España, Anthropos Editorial. Rubí, División de Ciencias Sociales y Humanidades-UNAM, 2000.

MÉNDEZ Morales, José Silvestre, Monroy, Fidel y Zorrila, Santiago, *Dinámica social de las organizaciones*, México, McGraw-Hill Interamericana, 3ª. ed., 1993.

MENDIZÁBAL, Miguel Othón de, "La minería y la metalurgia mexicana (1520-1943)" en: *Obras Completas*, México, Talleres Gráficos de la Nación, tomo V.

MENES Llaguno, Juan Manuel, *Bartolomé de Medina: Un Sevillano pachuqueño*, México, 1989.

MEYER Cosío, Francisco Javier, *La minería en Guanajuato: denuncios, minas y empresas 1892-1913*, Zamora, COLMICH/Universidad de Guanajuato, 1998.

MEYER Cosío, Francisco Javier, *Población y minería en Guanajuato (1893-1898)*, Guanajuato, Ediciones La Rana, 1995.

MORELOS Rodríguez, Lucero, *La Geología Mexicana en el Siglo XIX. Una revisión histórica de la obra de Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena*, México, Secretaría de Cultura de Michoacán, Plaza y Valdés, 2012.

NAVA Otea, Guadalupe, "La minería", En: David Cosío Villegas, *Historia Moderna de México, El Porfiriato. Vida Económica*, México, Editorial Hermes, 1974.

NAVA Oteo, Guadalupe, "La minería bajo el porfiriato", en: Ciro Cardoso (Coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1992 (10° edición).

NORTH, Douglass, *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1990.

NÚÑEZ Altamirano, Rubén Darío, *Las pequeñas y medianas empresas mineras del centro de México frente a la depreciación de la plata. El caso de la región de Pachuca y Real del Monte. (1873-1910)*, Tesis de Maestría, Morelia, Michoacán, México, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2006.

ORTEGA Morel, Javier, *Minería y Ferrocarriles, El caso de Pachuca Real del Monte 1870-1906*, Tesis de Maestría en Historia, México, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de México, 2002.

ORTEGA Morel, Javier, *Minería y tecnología: la compañía norteamericana de Real del Monte y Pachuca, 1906 a 1947*, Tesis doctoral, México, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras/UNAM, 2010.

ORTEGA Morel, Javier, *Un aproximación a la Historia de la Minería del Estado de Hidalgo*, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/SEP-FOMES/Colección RAÍCES HIDALGUENSES, 1997.

ORTIZ Peralta, Rina e Inés Herrera Canales, "La minería en Hidalgo. De la Colonia al Siglo XX", en: José Alfredo Uribe Salas (coord.), *Recuento Histórico Bibliográfico de la Minería en la Región Central de México*, México, UMSNH, 1994.

ORTIZ Villajos, José María, *Tecnología y desarrollo económico en la Historia Contemporánea. Estudio de las patentes registradas en España 1882 y 1935*, España, Oficina Española de Patentes y Marcas, 1999.

OVIEDO Gámez, Belem, Iwadare Lijima, Miguel y Marco A., Hernández Ballido (coordinadores), *Patrimonio industrial minero. Nuevas alternativas para una gran Historia*, México, Archivo Histórico y Museo de Minería, 2010.

PARRA Campos, Alma Laura, "Apuntes para la historia minera de Guanajuato", en: Uribe Salas, José Alfredo (coord.), *Recuento Histórico Bibliográfico de la Minería en la Región Central de México*, México, UMSNH, 1994.

PÉREZ Gorostegui, Eduardo, *Introducción a la economía de la empresa*, España, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, 2005.

PLANA, Manuel, "Las industrias, siglos XVI al XX", En: Enrique Semo (coordinador), *Historia Económica de México*, México, OCEANO, UNAM, 2004.

PURECO Ornelas, Alfredo, *Empresarios lombardos en Michoacán: La familia Cusi entre el porfiriato y la posrevolución (1884-1938)*, México, El Colegio de Michoacán, Instituto Mora, 2010.

RANDAL, R.W., *Real del Monte. Una empresa minera británica en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 1972.

RAAT, William D., *El positivismo durante el porfiriato (1876-1910)*, México, SEP, trad. Andres Lira, 1975.

RODRÍGUEZ Garza, Francisco Javier (coord.), *Protoindustrialización, industrialización y desindustrialización en la historia de México*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, Casa Abierta al tiempo, 2009.

ROSENZWEIG, Fernando, "El comercio exterior", en: Daniel Cosío Villegas (Coordinador), *Historia Moderna de México. El Porfiriato. La vida económica*, México, Hermes, 1993.

RUIZ de la Barrera, Rocío, *La empresa de minas de Real del Monte (1849-1906)*, Tesis doctoral, México, El Colegio de México, 1995.

RUIZ de la Barrera, Rocío, "La Empresa de Minas del Real del Monte (1849-1906) medio siglo de explotación minera: ¿casualidad o desarrollo estratégico?", en: Carlos Marichal y Cerutti, Mario (compiladores), *Historia de las grandes empresas en México, 1850-1930*, México, Universidad Autónoma de Nuevo Léon, Fondo de Cultura Económica, 1997.

SALAZAR y García, José Arturo, *Guanajuato: evolución social y política*, México, El Colegio del Bajío, 1988.

SAN JUAN Victoria, Carlos y Salvador Velázquez Ramírez, "El Estado y las políticas económicas en el porfiriato", en: Ciro Cardoso (Coordinador), *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1980.

SANTANA Cardoso, Ciro Flamarion, *Los métodos de la historia: introducción a los problemas, métodos y técnicas de la historia demográfica, económica y social*, México, Grijalbo 1986.

SANTANA Paucar, Raúl Pedro, *Cambios tecnológicos y el desarrollo de la capacidad investiva en la minería del carbón*, México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 1983.

SARIEGO, Juan Luis, Luis Reygadas, Miguel Angel Gómez, Javier Ferrara, *El Estado y la minería mexicana. Política, trabajo y sociedad durante el siglo XX*, México, SEM/P/INAH/FCE, 1988.

SARIEGO Rodríguez, Juan Luis, *Los mineros de la Real del Monte. Característica de un proceso e proletarización*, México, Centro de Investigaciones Superiores de INAH, (Cuadernos de la Cara Chata, Núm. 15), 1978.

SEVERNS, W.H., *La producción de energía mediante el vapor de agua, el aire y los gases*, México, Reverté, 2007.

SOTO Oliver, Nicolás, *La Minería. El distrito minero, Pachuca-Real del Monte a través de la historia*, Pachuca, Gobierno del Estado de Hidalgo, 1985.

TOBLER, Hans Werner, *La revolución mexicana. Transformación social y cambio político, 1876-1940*, México, Alianza Editorial, 2003.

TOURAINE, Alain, *La sociedad post-industrial*, Barcelona, Ariel, 3ª. ed., 1973.

TRABULSE, Elías, *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, Fondo de Cultura Económica, 1985.

TRABULSE, Elías, *El círculo roto*, Fondo de Cultura Económica, México, 1984.

URIBE Salas, José Alfredo y Rubén Darío, Núñez Altamirano. "Depreciación de la plata, políticas públicas y desarrollo empresarial. Las pequeñas y medianas empresas mineras mexicanas de Pachuca y Real del Monte". *Revista de Indias*. 2011. Vol. LXXI. Núm. 252. P. 450.

URIBE Salas, José Alfredo, "Depreciación de la plata y ciencia de los metales en la coyuntura de fin de siglo", en María Teresa Cortés Zavala, Consuelo Naranjo Orovio y José Alfredo Uribe Salas (coords.), *El Caribe y América Latina, el 98 en la coyuntura imperial*, Morelia, Instituto de Investigaciones Históricas/UMSNH, Gobierno del Estado de Michoacán, Universidad de Puerto Rico, 1999, pp. 291-312.

URIBE Salas, José Alfredo, *Empresas ferrocarrileras, comunicación interoceánica y ramales ferroviarios en Michoacán 1840-1910*, Morelia, Facultad de Historia/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2008.

URIBE Salas, José Alfredo, *Empresarios del metal amarillo en México, 1898-1938*, (Cuadernos de Historia Empresarial), México, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Centro de Estudios Históricos Internacionales, Fundación Cultural Vueltabajo, A.C., 2003.

URIBE Salas, José Alfredo, *Historia económica y social de la Compañía y Cooperativa Minera "Las Dos Estrellas", en El Oro y Tlapujahua, 1898-1959*, Morelia, Fondo Editorial Morevallado, UMSNH, 2010, 560p.

URIBE Salas, José Alfredo, *Historia de la minería en Michoacán*, (Colección Historia y procesos /2), Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Sociedad Mexicana de Mineralogía, A.C., Museo Tecnológico del Siglo XIX "Mina Dos Estrellas", A.C., 2 volúmenes, 2002.

URIBE Salas, José Alfredo, "La formación de ingenieros en México: siglo XIX", En: Silva Riquer, Jorge (coordinador), *Entre la Interpretación Histórica y el Discurso Filosófico. Resultados de investigación*, Tomo I, Morelia, Facultad de Historia, Facultad de Filosofía, 2009. pp. 97-117.

URIBE Salas, José Alfredo, *Recuento histórico bibliográfico de la minería en la región central de México*, México Instituto de Investigaciones Históricas/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1994.

URIBE Salas, José Alfredo, "Tecnología minera y sistemas de beneficio en el siglo de la Independencia", en José Alfredo Uribe Salas, *Michoacán en el siglo XIX. Cinco ensayos de Historia Económica y Social*, Colección Historia Nuestra 17, Instituto de Investigaciones Históricas/UMSNH, 1999, pp. 93-132.

URRUTIA de Stebelski, María Cristina y Guadalupe Nava Oteo, "La minería (1821-1880)", en: Ciro Cardoso (coordinador), *México en el siglo XIX (1821 - 1910). Historia económica y de la estructura social*, México, Nueva Imagen, 1980.

VALDÉZ Lakonsky, Vera, *De las minas al mar. Historia de la plata mexicana en Asia: 1565-1834*, México, Fondo de Cultura Económica, 1987.

VÁZQUEZ del Mercado, Alberto, *Concesión minera y derechos reales*, México, Porrúa Hnos. y Cía, 1946.

VELASCO Ávila, Cuauhtémoc, Eduardo Flores Clair, Alma Laura Parra Campos y Edgar Omar Gutiérrez López, *Estado y minería en México (1767-1910)*, México, FCE/Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión de Fomento Minero, Fondo de Cultura Económica, 1988.

VELÁSQUEZ García, Erick et. al. *Nueva Historia general de México*, México, El Colegio de México, 2010.

VILAR, Pierre, *Oro y moneda en la historia, 1450-1920*, España, Ariel, 1974.

WALLACE Hall, Robert Bruce, *La dinámica del sector minero en México 1877-1970 (Con proyección a 1980)*, México, Tesis Profesional de Maestría, El Colegio de México, 1972.

WERNER Tobler, Hans, *La Revolución Mexicana. Transformación social y cambio político 1876-1940*, México, Alianza Editorial, 1991.

WILLS, B. A., *Tecnología de procesamiento de minerales. Tratamiento de menas y recuperación de minerales*, México, Limusa, 1994.

WIONCZEK, Miguel, Bueno, Gerardo y Navarrete, Jorge Eduardo, *La transferencia internacional de tecnología. El caso de México*, México, Fondo de Cultura Económica, 1974.

ZORAIDA Vázquez, Josefina (coord.), *Interpretaciones del siglo XVIII mexicano. El impacto de las reformas borbónicas*, México, Nueva Imagen, 1992.

ZORAIDA Vázquez, Josefina, "La economía", en *Historia de México*, México, Salvat Mexicana de Ediciones, S.A. de C.V., 1979.

Hemerografía:

ARMENGOT, Joaquín, José Antonio Espí Rodríguez y Fernando Vázquez Guzmán. "Orígenes y desarrollo de la minería". En: *Industria y Minería. Revista del Ingeniero de Minas*. Madrid, España. Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas. No. 365. Septiembre de 2006. P. 17. [En línea] http://ingenierosdeminas.org/publica/IM/IM365-origenes_mineria.pdf [Fecha de consulta: 01 de agosto de 2015].

AZUELA, Luz Fernanda y Rafael Guevara Fefer, "La Ciencia en México en el siglo XIX: una aproximación historiográfica", *Asclepio. Revista de Ciencia de la Medicina y de la Ciencia, España*, CSIC, Vol. L-2, 1998, pp. 77-105.

BERGER, Stefan. "Las diez fechas más importantes en la historia de la minería". En*: ISTOR. Revista de Historia Internacional*. México. Año XIV. Núm. 56. Primavera 2014. P. 12.

CAÑO Ortigosa, José Luis. "Mineras en el Guanajuato Colonial". *Temas Americanistas*. No. 18. 2005. Pp. 4-39.

ESTEBAN Santos, Soledad. "Entorno a Boyle: su mundo y su obra científica". En*: Anales de la Real Sociedad Española de Química*. Madrid, España. Segunda Época. Julio-septiembre 2002.

Pp. 24-29. [En línea] dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/870859.pdf [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2015].

FLORESCANO, Enrique. "La función social del historiador". En: *Revista Vuelta*. Vol. 19. Núm. 218. Enero 1995. P.15.

FLORESCANO, Enrique. "Para qué estudiar y enseñar la historia". En: *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*. Morelia, Michoacán, México. Instituto de Investigaciones Históricas-UMSNH. Núm. 35. Enero-junio 2002. P. 135.

FLORES Clair, Eduardo. "Los progresos de la fundición de metales argentíferos en la minería novohispana del siglo XVIII". En: *Revista Dimensión Antropológica*. INHA. Año 13. Vol. 36. Enero-abril 2006. P. 45. [En línea] http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/wp-content/uploads/02Dimen361.pdf [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2015].

GÓMEZ Mendoza, Oriel. "Guanajuato: La reconfiguración espacial en el beneficio argentífero a principios del siglo XX". *Tzintzun, Revista de Estudios Históricos*. No. 7. Morelia. Enero-Junio de 2006. Pp. 77-108.

HERRERA Canales, Inés. "Azogue y plata. Una unión fructífera". *Revista Artes de México. Una visión de la Minería*. Núm. 86. México. Octubre 2007. P. 58.

HERRERA Canales, Inés. "Historiografía minera mexicana del siglo XX: los primeros pasos". En: *Revista de la Dirección de Estudios Históricos del Instituto Nacional de Antropología e Historia*. Número 39 México. D.F. Octubre 1997-Marzo 1998. Pp. 95-102.

HERRERA Canales Inés y Eloy González Marín. "Los ciclos de la minería mexicana". En: *Artes de México. Una Visión de la Minería*. México. Número 86. Octubre 2007. P. 77.

LEÓN Portilla, Miguel. "Minería en el México antiguo". En: *Artes de México. Una Visión de la Minería*. México. Número 86. Octubre 2007. Pp. 12-17.

MARÍN Villar, Camilo (coordinador). "La Sorprendente Tecnología Metalúrgica Prehispánica". En: *Revista Metal Actual*. Núm. 24. P. 13. [En línea] http://www.metalactual.com/revista/24/actualidad_prehistoria.pdf [Fecha de consulta: 07 de agosto de 2015].

M.C Gabriela V. Figueroa Mtz., Dr. José Refugio Parga Torres y Dr. Jesús L. Valenzuela García. "Estudio electroquímico de recuperación de oro y plata de soluciones provenientes de un proceso de cianuración a presión". En: *Revista GEOMIMET*. Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. Año XXXVIII. Número 299. Septiembre-octubre 2012. p. 24. [En línea]. http://www.geomin.com.mx/index.php?pagcarga=revista

ORDÓÑEZ Burgos, Jorge. "Heródoto: ¿Un clásico de la Historia de Occidente? Reflexiones en torno a la historiografía del pensamiento". En: *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*. Ciudad Juárez, México. Vol. 16. Núm. 32. Julio-diciembre, 2007. P. 210.

ORTIZ Peralta, Rina. "Desamortización y Liberación de mano de obra en México. Pachuca-Real del Monte (1850-1880). *Siglo XIX, Revista de Historia*. No. 10. Monterrey. Julio-Diciembre de 1990. Pp. 77-103.

ORTIZ Peralta Rina. "El beneficio de minerales en el siglo XIX: El caso de la Compañía de Real del Monte y Pachuca". En: *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*. México. Núm. 14. Julio-diciembre de 1991. P. 77.

PARRA, Alma. "Elementos locales y extranjeros en la configuración tecnológica de la minería mexicana". En: *Istor. Revista de Historia Internacional. Historia de la Minería*. Núm. 56. Año XIV. México. Primavera de 2014. Pp. 141-163.

PARRA, Alma Laura. "Guanajuato: balance historiográfico, el tratamiento de la Colonia y el siglo XIX". *Tzintzun*. No. 28. Julio-Diciembre 1998. Pp. 139-152.

PARRA S. Edward. "Arquímedes: su vida, obras y aportes a la matemática moderna". En: *Revista digital Matemática, Educación e Internet* (www.cidse.itcr.ac.cr/revistamate/). Vol. 9, No 1. 2009. Pp. 3-5. [En línea] http://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/ContribucionesV9_n1_2008/Arquimedes1.pdf [Fecha de consulta: 01 de Agosto de 2015].

RAMOS Arroyo, Yann René, Prol Ledesma, Rosa María y Siebe Grabach, Cristina. "Características geológicas y mineralógicas e historia de extracción del Distrito de Guanajuato, México. Posibles escenarios geoquímicos para los residuos mineros". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Vol. 21. No. 2. 2004. Pp. 232-243.

SAAVEDRA Silva, Elvira Eva y María Teresa, Sánchez Salazar. "Minería y espacio en el distrito minero Pachuca-Real del Monte en el siglo XIX". *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. No. 65. 2008. Pp. 82-101.

SALDAÑA, Juan José y Luz Fernanda Azuela, "De amateurs a profesionales. Las sociedades científicas mexicanas en el siglo XIX", *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, vol. 11, núm. 2, mayo-agosto 1994, pp. 135-172.

SÁNCHEZ, E. y C. J. Vázquez Ordás, "El proceso de innovación tecnológica en la empresa". En: *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, España. Vol. 2. No. 1. 1996. p. 29. [En línea] http://www.aedem-virtual.com/articulos/iedee/v02/021029.pdf

SÁNCHEZ Lacy, Alberto Ruy y Margarita de Orellana. (Directores). "Una visión de la Minería". *Artes de México, Revista libro*. No. 86. México. Octubre de 2007.

TRABULSE, Elías. "Desagüe de minas en la Nueva España". En: *Artes de México. Una Visión de la Minería.* México. Número 86. Octubre 2007. Pp. 34-35.

URIBA Salas, José Alfredo y Teresa Cortés Zavala, "Acá, donde otros expoliaron riqueza, nosotros sembramos cultura", *Revista Inclusiones. Revista de Humanidades y Ciencias Sociales*, Núm. 1, Vol. 1, enero/mazo 2014.

URIBE Salas, José Alfredo. "Bibliografía mínima sobre la minería en México". En: *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*. Morelia, Michoacán, México. Instituto de Investigaciones Históricas-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Núm. 15. Enero-Junio 1992. Pp. 98-103.

URIBE Salas, José Alfredo y Rubén Darío, Núñez Altamirano. "Depreciación de la plata, políticas públicas y desarrollo empresarial. Las pequeñas y medianas empresas mineras mexicanas de Pachuca y Real del Monte". *Revista de Indias*. Vol. LXXI. No. 252. España. Pp. 449-479.

URIBE Salas, José Alfredo. "Labor de Andrés Manuel Del Río en México: Profesor en el Real Seminario de Minería e Innovador Tecnológico en Minas y Ferrerías". En: *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*. Vol. LVIII. Número 2. Julio-diciembre 2006. P. 250. [En línea] http://asclepio.revistas.csic.es/index.php/asclepio/article/viewFile/15/15 [Fecha de consulta: 03 de agosto de 2015].

VASSALLO, Luis Fernando. "Características de la composición mineralógica de las menas de la veta madre de Guanajuato". *Instituto de Geología, Universidad Autónoma de México Revista*. Vol. 7. No. 2. 1988. Pp. 232-243.

VON Mentz, Brígida. "Trabajo minero y control social durante El Porfiriato. Los operarios de dos poblaciones contrastantes". En: *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal (Redalyc)*. Historia de Mexicana vol. L. núm. 3. Enero-marzo 2001. El Colegio de México. Distrito Federal. P. 585. [En línea] http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60050304 [Fecha de consulta: 03 de agosto de 2015].

YANES Rizo, Emma. "Pasión por la Tierra". En: *Artes de México. Una Visión de la Minería.* México. Número 86. Octubre 2007. P. 52.

Fuentes electrónicas:

Alejandro Espinoza Granados, "La importancia económica de la minería en México y las reformas fiscales para la industria", en: *Contorno. Centro de prospectiva y debate*, En línea: http://www.contorno.org.mx/articulos/documento/887/la-importancia-economica-de-la-mineria-en-mexico-y-las-reformas-fiscales-para-la-industria, Consulta: 07/junio/2015.

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD. "CFE y la electricidad en México". [En línea].

http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx [Fecha de consulta: 01 de Agosto de 2015].

"El mundo conocido por los griegos. Heródoto, el padre de la Historia". En: *National Geographic España*. [En línea] http://www.nationalgeographic.com.es/articulo/historia/grandes_reportajes/7687/herodoto_padre_historia.html [Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2015].

Encuentro con un Genio Desconocido Nikola Tesla (1856-1943), [En línea] http://www.bibliotecapleyades.net/tesla/esp_tesla_28.htm [Fecha de consulta: 28 de agosto de 2015].

Javier Uceda Antolín (Rector de la Universidad Politécnica de Madrid), "Presentación", en: *Nikola Tesla. "El hombre que iluminó el mundo"*, [En línea] http://www.teslasociety.ch/info/doc/Tesla2008_spanisch.pdf [Fecha de consulta: 27 de agosto de 2015].

http://ejatlas.org/featured/mining-latam [Fecha de consulta: enero de 2016].

Juan Berdegal De La Cuesta, *Cartilla Práctica sobre Elaboreo de las Minas y Reconocimiento y Beneficio de los Metales*, Madrid, La Imprime y Publica D. Marcelino Calero y Portocarrero, 1838, p. 139. [En línea] http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=ucm.532379528x;view=1up;seq=3 [Fecha de consulta: 10 de agosto de 2015].

Manuel Ruiz González y Enrique Mandado Pérez, *La innovación tecnológica y su gestión*, Barcelona, España, MARCOMBO, 1989, p. 15. [En línea] http://books.google.com.mx/books?id=_Bj0RD6_spIC&printsec=frontcover&dq=innovacion&lr=&redir_esc=y#v=onepage&q=innovacion&f=false

María José Sánchez Bueno, *El Proceso Innovador y Tecnológico. Estrategias y apoyo público*, España, NETBIBLIO, 2008, pp. 6-9. [En línea] http://books.google.com.mx/books?id=pz1vRJ-mhVEC&pg=PA7&dq=innovacion+incremental+y+radical&hl=es&sa=X&ei=aHqFU-LcD8OAogTXpIDwBw&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=innovacion%20incremental%20y%20radical&f=false [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2014].

Mark J., Logsdon, Karen, Hagelstein, y Terry I. Mudder, *El Manejo del Cianuro en la Extracción de Oro*, Ontario, Consejo Internacional De Metales y Medio Ambiente, Trad. Ana María Paonnessa, 2001, p. 10. [En línea] http://www.caem.com.ar/wp-content/uploads/El%20Manejo%20del%20cianuro%20(ICMM).pdf [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2013].

Niágara la fuente alterna y complementaria el blog: [En línea] http://tectonicablog.com/?p=51179 [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2015].

Paula González F. (Coordinadora Responsable), CONICYT. COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA. *Conceptos Básicos de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Santiago, Chile, Departamento de Estudios y Planificación Estratégica, Gobierno de Chile, 2008, pp. 18. [PDF]. [Fecha de consulta: 21/07/2015] http://www.conicyt.cl/wp-content/uploads/2012/09Conceptos-B%C3%A1sicos-de-Ciencia-Tecnolog%C3%ADa-e-Innovaci%C3%B3n-2008.pdf. Fuente: Real Academia Española, *Diccionario de la Lengua Española*, Madrid, España, Espasa Calpe, 21aed., 1992.

Telefónica Fundación/España (Espacio Fundación Telefónica Madrid-www.fundaciontelefonica.com), "Nikola Tesla. Suyo es el futuro", Cuadernos para profesores, p. 6. [En línea] http://espacio.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/descargas/1420478461-nikola_tesla_suyo_es_el_futuro_cuadernoprofesores.pdf [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2015].

The Royal Society (sitios *web*). [En línea] https://royalsociety.org/ y https://royalsociety.org/about-us/history/ [Fecha de consulta: 31 de Julio de 2015].