



MESOAMÉRICA ANTIGUA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA ARQUEOLOGÍA MINERA. ANÁLISIS DIACRÓNICO Y MULTIDISCIPLINARIO

*ANCIENT MESOAMERICA FROM THE PERSPECTIVE
OF MINING ARCHAEOLOGY. DIACHRONIC AND
MULTIDISCIPLINARY ANALYSIS*

Edgar Ariel Rosales¹

Resumen

La arqueología minera o arqueomineralogía analiza las tecnologías, los saberes científicos y los modelos de organización social requeridos para aprovechar los materiales que ofrece el subsuelo y, cuando le es posible, integra los componentes simbólicos recogidos en la tradición oral o las fuentes escritas. La situación de Mesoamérica se encuentra en desventaja comparada con otras áreas culturales de la antigüedad, pero se podría revertir si se evitan ciertos supuestos formulados desde la época colonial y la tradición historiográfica, y se incen-

Abstract

Mining Archaeology or Archaeomineralogy analyzes technologies, scientific knowledge and models of social organization required to take advantage of the materials offered by the subsoil. When possible, it integrates the symbolic components collected in the oral tradition or written sources. In comparison with other ancient cultural areas, Mesoamerica is disadvantaged in this field. However, this could be reversed if certain assumptions formulated since colonial times and the historiographic tradition are avoided, while encouraging new

1. Museo Nacional de Antropología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. edgar_rosales@inah.gob.mx

tivan nuevas investigaciones con una perspectiva multidisciplinaria.

research with multidisciplinary perspectives.

Palabras clave: arqueología minera, Mesoamérica, historicidad, multidisciplinaridad, indicadores directos.

Keywords: mining archaeology, Mesoamerica, historicity, multidisciplinary, direct indicators.

La historia de la humanidad está íntimamente ligada con el subsuelo, no solo por constituir el escenario natural proveedor de recursos estratégicos, sino porque desde épocas tempranas el hombre estableció interrelaciones profundas con este misterioso medio que propició el desarrollo de su creatividad, hasta el punto de conformar una sacralidad telúrica, de la que participan las minas y sus minerales (Eliade 1999). Sin embargo, a diferencia de la agricultura, la caza o la pesca, muchos estudios sobre la minería han caído en uno de dos extremos: subestimados o sobrevalorados. A finales del siglo XIX, se centraron en las obras de arte hechas de una selecta lista de piedras y metales preciosos, cuyo consumo supuestamente aseguraría el sustento y confort de las grandes civilizaciones. Un siglo después, se presta atención a nuevas sustancias, pero se criticó la visión materialista sistémica procesual, con descripciones tan detalladas de objetos y sus contextos que se descuidaron los aspectos supraestructurales de las comunidades mineras (Hodder 1988).

También hay que admitir que, en la reconstrucción histórica universal de la minería, los principales referentes son eurocentristas y de visión astrológico-alquímica (Yeoman 2010). Ulrich von Kalbe, Vannucio Biringuccio, Georg Bauer o Lazarus Ercker dejaron tratados breves donde se vislumbra un tipo de minero, distinto del peón, a medio camino entre lo que hoy llamamos ingeniero geólogo o ensayador de metales. Y posterior al naturalismo renacentista, la observación de terruños fosilíferos condujo a la adopción del término “arqueología minera” para justificar la elaboración de las cronologías iniciales aplicadas a artefactos simbólicos con escasa utilidad doméstica y a la explotación de antiquísimos yacimientos del mundo grecorromano (Rapp 2009).

Con un punto de vista más equilibrado, reconocemos que ya no basta con identificar qué sustancias se empleaban en la antigüedad o cuándo se colocaron árganas para elevar el cascajo hasta la superficie. Antes bien, la arqueología minera se propone como una rama antropológica que analiza, desde perspectivas complementarias, el medio ambiente natural y geológico, las tec-

nologías, los saberes científicos y los modelos de organización social requeridos para aprovechar los materiales que ofrece la superficie terrestre y, cuando le es posible, integra los componentes simbólicos recogidos en la tradición oral o las fuentes escritas (Francovich 2001; Salazar 2004). Sin embargo, todavía depende de las comparaciones entre regiones culturales para afinar sus instrumentos metodológicos y aplicarlos donde difícilmente se percibe el nacimiento de la economía no agraria.

La historicidad basada en edades minerales

Si aceptamos los mitos como antecedente de la arqueología minera, resulta interesante que, en muchos relatos, los orígenes de las razas o las edades de la humanidad se entrelazan con alguna materia de origen mineral. Por ejemplo, *Los trabajos y los días*, de Hesíodo, distinguen entre una Edad del Oro, de la Plata, del Bronce y del Hierro, que posteriormente son reinterpretados en los versos latinos de *Las metamorfosis* de Publio Ovidio (43 a.C.-17 d.C.), en una suerte de antropogonía que marca cuáles oficios inician los hombres en cada era: en la primera aún no conocían la navegación; a partir de la Argétea, Cronos les enseña la agricultura y la arquitectura; en la de Bronce viven en medio del libertinaje y la guerra, y durante la Férrea, su codicia los lleva a explorar el mundo y a incentivar la minería. Centurias más tarde, Jerónimo de Estridón (347-420 d.C.) vuelve al mismo modelo, asociando estas edades al calendario vigente durante el Medioevo.

Una idea análoga se percibe en los períodos babilonios representados por metales colocados bajo la advocación de un astro (Teresi 2004); como vemos, la historicidad resultante de clasificaciones minerales no fue privativa del mundo occidental. En China, el reinado de Huang-Ti (2697-2587 a.C.) correspondió a una edad dorada en la que el Emperador Amarillo enseñó a sus súbditos la escultura en metal y la minería, mientras que Yüan Kang sugirió la conformación de una Edad del Jade (*Yuqi Shidai*) entre la piedra y el bronce, estableciendo su propio sistema cuatrinomial, dos mil años más temprano que el europeo (Wiesheu 2012). Aun así, el mérito lo ostenta Christian Thomsen, quien mostró perspicacia al retomar de los clásicos una secuencia lógica basada en la descripción indirecta de armas y útiles de piedra o metal, para finalmente sustituir la metáfora de las eras asociadas a la degradación moral por un concepto evolutivo positivo del pasado.

Una vez confirmada la utilidad de la excavación estratigráfica, personajes como Sven Nilsson (1787-1883) ampliaron las posibilidades de aplicación del esquema de Thomsen, comparando sistemáticamente instrumentos prehistóri-

cos con especímenes etnográficos, en un intento por determinar el empleo de los primeros y probar la unidad psíquica de los pueblos a través de la historia. Paulatinamente, la difusión de la teoría de las Tres Edades condujo a una estrecha colaboración entre arqueólogos, paleontólogos y geólogos. Parecía que la ruta *ex oriente lux* lograría extender una minuciosa versión tipológica para toda Europa y África (Eiroa 2008). Gordon Childe llegó al punto de constreñir modos de uso específico del cobre-bronce para relacionarlos con la génesis de civilizaciones desiguales, aunque años después tuvo que rectificar su ramificación tecnológica unilineal por su fugaz validez en las contadas provincias que exploró (Daniel 1981).

Si bien es cuestionable que el famoso sistema trinomial danés reivindicó el valor de los modelos basados en los avances tecnológicos, se acepta como un hito en el surgimiento de la arqueología prehistórica científica (Trigger 1982). Varias décadas después, con el advenimiento de la era de los hidrocarburos, el antropólogo Lévi-Strauss (1992) quiso ver una relación entre la civilización y sus fuentes de energía. Mediante el principio de entropía, concibió una categoría termodinámica para distinguir entre sociedades “frías” y “calientes”. Sea como fuere, se formalizó el empleo de un mineral o metal para designar secuencias o etapas de la historia y trazar su correspondencia con regiones culturales representativas (véase Tabla 1).

Aparentemente, la pequeña lista de hitos minero-metalúrgicos de la humanidad y sus cronoculturas va de un puñado de rocas empleadas desde el Paleolítico hasta los minerales radioactivos consumidos en el siglo XXI. Sin embargo, ¿quién acepta que los estudios desarrollados en Gran Bretaña, el Mediterráneo, el Medio Oriente o el norte de África bastan para justificar el rol central de la minería en el devenir histórico universal? ¿Dónde se nota la presencia de las Américas? ¿Fueron ignoradas por no haber experimentado una Edad del Hierro? Al menos el tema se ha investigado con mayor sistematicidad y perspectivas multidisciplinarias en el área andina (Vaughn y Tripcevich 2013).

Año de inicio	Edad de la Humanidad	Traducción / otros nombres	Rocas y minerales	Civilizaciones representativas / regiones culturales
500000 a.C.	<i>Old Stone Age</i>	Paleolítico Edad de Piedra Antigua Epipaleolítico Mesolítico	pedernal, granito, diorita, andesita, cuarzos, obsidiana, óxidos de hierro, fluorita, "eolitos"	Olduvayense, Achelense, Capsiense, Azeliense, Sudáfrica
8000 a.C.	<i>New Stone Age</i>	Neolítico Edad de la Piedra Pulida	halita, ámbar, "ocres", oro	Megalitos europeos, Europa central, Egipto
5000 a.C.	<i>Copper Age</i>	Edad del Cobre Calcolítico Eneolítico	cobre, minerales del cobre, malaquita, azurita, turquesa	Sumerios, Chipre, Península Sinaí, Los Balcanes
3000 a.C.	<i>Bronze Age</i>	Edad del Bronce	casiterita, aleaciones, plata	Fenicios, Micénicos, Anatolia
1400 a.C.	<i>Iron Age</i>	Edad del Hierro	hierro forjado (noric iron), mármol, ónix	Hititas, Chalybdes, Etruscos, Hallstatt, Britania, Dinastía Wei, Zimbabwe, Cultura Nok, Renacimiento Carolingio
1600 d.C.	<i>Coal Age</i>	Edad del Carbón	carbón vegetal o de leña, lignito, antracita	Gran Bretaña, yacimientos de carbón europeos, Revolución industrial
1850 d.C.	<i>Petroleum Age</i> <i>Age of Oil</i>	Edad del Petróleo Auge petrolero	petróleo, hulla, aluminio, kimberlita, mica	Golfo Pérsico, Sudáfrica, India
1950 d.C.	<i>Uranium Age</i>	Era del Uranio	uranio, rocas y minerales radioactivos, litio	Nuevo México, Ontario, Congo Belga, Australia, Siberia

Tabla 1. Las ocho edades del hombre. Reelaborado de Gregory (1982).

Arqueología minera en Mesoamérica

Lastimosamente, los estudios sobre arqueología minera en esta parte del mundo son escasos. Todavía es poca la evidencia directa reunida sobre la actividad extractiva prehispánica, en particular de arquitectura. Tampoco son suficientes los intentos por fundamentar afirmaciones de las narrativas etnohistóricas sobre cómo transformaban los indígenas las sustancias minerales. Por si fuera poco, los especialistas repiten discursos sobre las minas más famosas según criterios colonialistas y con miras a fechar las ulteriores etapas de enriquecimiento técnico (Trujillo 2011). Este estado de la cuestión se puede explicar a partir de tres supuestos que se asumen como verdades:

1. *Los restos materiales de la minería precortesiana son escasos.* Esta idea resulta falsa a nivel de proyectos de investigación publicados. Sabemos

que al interior de cualquier mina las operaciones extractivas más recientes van borrando gradualmente la evidencia de sus primeros excavadores y dejando una estratigrafía confusa. Sin embargo, los últimos datos arqueológicos reunidos en campo y laboratorios abren paso a un universo con gran potencial, lo que incentiva más reconocimientos en áreas antes no exploradas. En cuanto a la aparente escasez de testimonios, recordemos que los secretos mineros siempre han sido celosamente guardados y envueltos por grupos especializados que redujeron al mínimo la elaboración y conservación de textos. Ante la insistencia de los conquistadores por conocer las riquezas metalíferas, es comprensible que los propios indígenas hubiesen cegado los accesos a sus minas y destruido sus documentos y que se negaran a contestar los cuestionarios que incluían las *Relaciones Geográficas* del siglo XVI sobre canteras, petrificaciones, salinas, serranías fragosas, colores de terreno o tesoros escondidos de cada región o poblado del virreinato (Lizalde 1994).

2. *La minería del México antiguo fue una actividad marginal y con grandes limitaciones.* Ciertamente, los mesoamericanos no poseyeron fraguas ni técnicas equiparables a las naciones del Viejo Mundo, pero eso no significa que el resultado de sus trabajos careciera de relevancia para sus sistemas económicos y culturales. Una actividad marginal nunca conduciría al descubrimiento de creaciones artísticas de temporalidad tan temprana. Por muy “primitiva” o incipiente que fuera, la minería mesoamericana no se limitó al cielo abierto cuando son numerosos los socavones, rebajes, tajos, tiros, galerías estrechas, obras de ventilación y drenaje, además de cerámica, cestería e instrumentos líticos asociados que confirman que las diligencias mineras indígenas constituyeron una tradición milenaria. De hecho, una vez saqueados sus templos y tumbas, los encapados españoles, que en su mayoría carecían de instrucción profesional, tuvieron que recurrir a ciertos procedimientos de los indios para convertirlos en su base tecnológica novohispana (Hagenbeck 2011). En cambio, durante la reconfiguración territorial, las infames condiciones del laboreo en minas que impusieron a los indios contribuyeron a extender la leyenda negra que persigue a esta ocupación como propia de esclavos y grupos marginados.
3. *La minería prehispánica inició tardíamente y se centró en los metales preciosos.* Quienes afirman que, en países como México, la “verdadera” industria minera inicia en el período colonial son historiadores que citan de la legislación que mantuvo monopolísticamente el comercio del oro y la plata (Prieto 1968). Pero es una contradicción total, pues si el metal

apareció en Mesoamérica siglos después de que sus pueblos originarios experimentaron y dominaron las características de la piedra, la arcilla o el hueso para enfrentar las necesidades de su vida cotidiana, ¿cómo hubieran implementado técnicas metalúrgicas en tan poco tiempo? Una cronotipología no se define por el “descubrimiento” de una materia prima, sino por el grado de conocimiento tecnológico que permite su transformación calórica –básico en los tipos cerámicos–. Y en cuanto al dominio de la quincalla, cada día es más notorio que su brillo ocultó el complejo y variado panorama sociocultural en torno a la minería precolombina, haciéndonos olvidar que la colonial tuvo que reiniciar a nivel empírico (Vega 1987) debido a la incompatibilidad de métodos minero-metalúrgicos que trajeron los peninsulares y a que la corona española dejó a la improvisación el progreso económico de este sector (Bethell 2003). En realidad, las comunidades mineras se dirigían por igual a explotar racionalmente elementos y compuestos metálicos y no metálicos, aunque estos últimos nos parezcan sin valor económico estratégico.

Etapas historiográficas. Sin importar nuestra postura ante los supuestos anteriores, es posible distinguir dos etapas historiográficas de investigaciones sobre arqueología minera en Mesoamérica (Herrera 1994):

- *De investigaciones de corte difusionista y de historia de la tecnología antigua.* A partir del siglo XX, Holmes (1900), Hendrichs (1941) y Heizer y Treganza (1944) identificaron las sustancias empleadas y extraídas por los indios de sus minas más cercanas. Nuttall (1901) hace un listado de poblaciones donde nació y trabajó el *chalchihuh-iximatqui*². Las sorprendentes similitudes entre los materiales provenientes de sitios a lo largo de los estados de Oaxaca, Guerrero y Michoacán, y de las culturas costeras de Colombia, Ecuador y Perú, despertaron un interés por el origen de la metalurgia mesoamericana, explicada por contactos marítimos (Rivet y Arsandaux 1946). Años después, se elabora una periodificación adaptada a las ideas de Vere G. Childe en México, con subdivisiones para la gran etapa cultura Lítica (33000 a 4500 a.p.), que J. L. Lorenzo (1968) denominó Arqueolítico, Cenolítico y Protoneolítico. Sin embargo, León-Portilla *et al.* (1978) refuerzan la supuesta jerarquización minera mesoamericana citando fuentes etnohistóricas que colocan a “*la genuina excrecencia amarilla* [el oro]” por delante, seguida por el cobre, la

2. Palabra náhuatl que literalmente se traduce como “aquel que trabaja el chalchihuite”, es decir, un lapidario.

plata, el estaño y el plomo, y dejan al último los minerales no metálicos. Señalan que la tecnología prehispánica se sostuvo en el instrumental de piedra, madera, asta y hueso, junto con el uso del fuego como agente de fracturamiento.

- *De caracterización química de sustancias y de estudio de las posibles entidades políticas en el uso y control de las zonas de producción.* Bajo la dirección de Lorenzo en los laboratorios del Departamento de Prehistoria del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México, se llegó al análisis composicional de las colecciones líticas que habían reunido distintos proyectos arqueológicos (González Arratia y Mirambell 2014). Los miles de objetos descontextualizados comenzaron a revelar los procesos de obtención y manufactura implicados. Así lo ilustra la obra de Mirambell (1968), Reyes y Lorenzo (1980) y Gaxiola y Clark (1989). Los grados de complejidad tecnológica se inferían a partir de la observación traceológica de las superficies de los artefactos que impulsó Semenov (1981). En el siguiente nivel, varios autores se dieron a la tarea de reconstruir las redes de intercambio, consumo, control de recursos estratégicos, bienes de prestigio y la organización social de la producción artesanal, aunque son pocos los que realmente siguieron el rigor metodológico de la arqueología minera, que regresa a la fase de prospección y busca al interior y alrededor de las vetas las áreas de actividad de los indígenas prehispánicos: Weigand (1968), Langenscheidt (1985), Olmedo y González (1986), Schiavitti (1996) y Pastrana (2007).

Esta distinción historiográfica de las investigaciones en Mesoamérica empa-ta a veces con la arqueomineralogía mundial de Rapp (2009), comenzando por las sustancias favoritas de los ingenieros en minas e historiadores: unos 35 minerales no metalíferos y otros 14 aproximadamente que sí lo son (León-Portilla *et al.* 1978). Para ordenar los más utilizados en el México antiguo, Langenscheidt (1997) armó un cuadro basado en los criterios de la petrología clásica y la mineralogía sistemática de J. D. Dana, las cuales conjugan la composición química y la estructura interna de cada sólido. A continuación, ofrezco una síntesis de la copiosa bibliografía revisada (Torres 2006), aunque trato de incluir investigaciones más recientes.

Minerales. Fue inevitable que la lista iniciara con los elementos nativos codiciados por los invasores europeos: oro, plata, cobre, hierro meteórico y azufre (Bargalló 1966), mientras que el mercurio solo importaba por su intervención en la aleación con plata (Lang 1977). Esto explica por qué los sulfuros pasaron

desapercibidos durante casi tres siglos, hasta que los arqueólogos decidieron analizar muestras de galena, pirita o cinabrio (Gazzola 2005). De la clase óxidos e hidróxidos, hay muchos ornamentos surgidos del *tehuílotl* (cristal de roca). En los museos mexicanos se exhiben soberbios ejemplares mixtecos, cuya técnica de manufactura se comenzó a discutir cuando se comprendió que un cuarzo criptocristalino con dureza de 5,5 a 6,5 grados Mohs pudo ser un útil abrasivo para trabajar los chalchihuites. De tal suerte, calcedonias y ópalos dejaron de ser simples piedras semipreciosas (Serra y Solís 1994).

Magnetita-hematita-ilmenita es la tríada de óxidos de hierro base para crear los pequeños espejos que portaron chamanes o sacerdotes (Rosales 2008), pero sorprende aún más que se hayan impregnado a ciertos restos humanos en Zacatenco o La Venta, o en las paredes del túnel debajo del Templo de la Serpiente Emplumada en Teotihuacan. De acuerdo con las últimas interpretaciones de este pasaje subterráneo, el brillo metálico sirvió para replicar el cielo nocturno estrellado y complementar la proyección de una geografía sagrada a escala reducida (Gazzola 2022).

En las siguientes clases minerales, los antropólogos se centran casi exclusivamente en una sola sustancia. La sal común es el haluro de intercambio comercial por antonomasia (Castellón 2016), pero hay quienes prestan atención a los antiguos usos de las eflorescencias que se producen en los terrenos lagunosos de Texcoco, como el tequesquite (Garritz y Chamizo 1995). Otros representantes multicitados en la arqueología, pese a su diferente composición química y secuencia paragenética, son las malaquitas y turquesas. Ambas cubren toda la gama del espectro azulverde que gustaba a las culturas americanas, desde Oasisamérica hasta las costas del Pacífico sur (Weigand 1993). Y una de las piedras preciosas que confundieron los españoles con “esmeraldas” es la fluorita de la región de Taxco (Bargalló 1966).

Los silicatos –la clase mineral más numerosa en la naturaleza– siempre han captado la atención de los arqueólogos por su conexión con la industria cerámica (Urrutia *et al.* 1994). La paligorskita, mejor conocida como azul maya (Reyes-Valerio 1993) y pigmentos de semejante intensidad, resultaron aptos para la producción de pintura mural. Ahora se sabe que algunos tuvieron que ser importados desde yacimientos localizados a gran distancia (Vázquez *et al.* 2013). Entre los feldspatos, la amazonita reclama su reconocimiento en los trabajos de musivaria (Barrios 2011).

El grupo de las micas tuvo en la época prehispánica más importancia de lo que imaginábamos. Tras una revisión exhaustiva de contextos arqueológicos, parece que solo los habitantes de Monte Albán y Teotihuacan procuraron su almacenamiento masivo; el primero por su cercanía a los yacimientos

abastecedores de biotita y moscovita en los Valles Centrales de Oaxaca, y el segundo por su producción y consumo integrado a los bienes de prestigio que circularon a gran distancia, como los incensarios tipo teatro (Rosales 2022).

Cerramos la lista mineralógica con la jadeíta y la onfacita, piroxenos hasta ahora detectados en la falla de Motagua, Guatemala, quizás el verdadero jade cultural valorado por los mesoamericanos desde hace más de 3.500 años, y que tantas averiguaciones incentivó desde la segunda mitad del siglo XX, desde el centro de Veracruz hasta Costa Rica (Lange 1993). No solo se discuten sus aspectos mineros para su obtención, transporte, manufactura y/o reutilización en talleres –como en Cancuén–, sino también los ideológicos, al materializar el complejo simbólico denominado *chalchíhuatl* (Taube 2005).

Rocas. Respecto a las más utilizadas en el México antiguo, después de la vítrea obsidiana y sus múltiples variedades valoradas en sus aspectos bélicos e ideológicos (Pastrana 2007: 13), hay infinidad de riolitas, andesitas y basaltos de grano fino, todas ígneas esenciales para la escultura monumental y la molienda, mientras que para la construcción se han realizado estudios más detallados en torno a las tobas y brechas volcánicas en el Altiplano central (Barba y Córdova 2010), a la par que las areniscas, lutitas y calizas del grupo sedimentario, que caracterizan el paisaje de la península de Yucatán y del Petén (Pujol 2022).

El tecali, un tipo de travertino, fue muy apreciado por los escultores, que sabían aprovechar su propiedad traslúcida (Jiménez *et al.* 2000), aunque como principal materia prima los mesoamericanos usaban las rocas metamórficas bandeadas.

La composición de innumerables obras antropomorfas y zoomorfas talladas en mármol o serpentinita, en diferentes tamaños, así como losas y pendientes, comienza a ser confirmada mediante las últimas técnicas arqueométricas no destructivas (Melgar *et al.* 2018). No menos importante es el estudio de las pizarras, que permite reconstruir una cadena operativa más completa, por registrarse en los contextos arqueológicos en forma de materia prima, finos artefactos completos, desechos y artefactos reutilizados, sobre todo en Teotihuacan (Villa *et al.* 2012) y Pacbitun, Belice (Rapp 2009).

Un último grupo comprende sustancias orgánicas, como el ámbar (Lowe 2005) o el *chapopote* (asfalto) (Márquez y Ramírez 2021) que tuvieron notables funciones en algunas culturas mesoamericanas. Esto demuestra que, desde una perspectiva etnomineralógica, el reino “mineral” conceptualizado en el pensamiento occidental no se ajusta totalmente con la cosmovisión indígena, donde un coral, una resina, una perla, un fósil, una concha o un gas-

trolito son rocas o minerales, pues debido a su dureza, formación o lugar de procedencia son cosas de la tierra, *in tepeioc, in oztoc*, “lo del monte, lo de la cueva”, según explicaron los informantes de fray Bernardino de Sahagún (Dibble y Anderson 1963).

La lista no es exhaustiva, pero de cada mineral o roca se ha propuesto la ubicación de minas, salinas y canteras. En México existe una red de 69 museos temáticos que incluyen guiones totalmente enfocados en la geología, la geofísica, la cartografía, la minería y la paleontología³. Parte de su misión es contar la gran historia y cultura minera nacional, desde sus orígenes hasta el siglo XXI⁴. Si bien las prospecciones para obtener material museable han sido emprendidas por el Servicio Geológico Mexicano y otras instituciones especializadas en ciencias de la Tierra, la validación de los hallazgos desde la perspectiva arqueológica minera sigue en espera.

Períodos culturales abarcados. Durante la larga etapa Lítica ya mencionada, las rocas de fractura concoidea (pedernal, obsidiana, riolita, dacita o cuarcita) se convirtieron en multitud de herramientas indispensables. Pero en cuanto a su obtención, se infiere que, una vez agotado el material de superficie, se seguían las vetas por medio de pozos y galerías a poca profundidad. El uso de seguetas y otras herramientas para lapidarios pudo iniciar en Tehuacán (MacNeish *et al.* 1967).

Posteriormente, ocurre un momento de “destellos” de minerales multicolores apreciados por las sociedades caciquiles del período Preclásico o Formativo (2500 a.C.-200 d.C.). Además de las ofrendas masivas con losas de serpentina, rellenas con arcillas de diferentes colores (Magaloni y Filloy 2013), los olmecas fueron los pioneros de una red mercantil que llegó a tener un alcance panmesoamericano, por donde circulaba jade cultural y demás bienes de prestigio que dependían de las habilidades desarrolladas por proto mineros-lapidarios. En Teopantecuanitlán, Guerrero, hubo un incipiente taller lapidario (Niederberger 2002), mientras que en el sur de la costa del golfo de México se visualiza con nuevas perspectivas la extracción planificada, la producción y el consumo de serpentinas a partir de la revisión de yacimientos y objetos arqueológicos mediante la petrografía, la difracción de rayos X, la activación neutrónica y la técnica PIXE. Incluso se propone que los *clefts* –rasgo

3. Se puede consultar la presentación “Museos: Historia y cultura minera”, elaborada por la Dirección General de Desarrollo Minero, Secretaría de Economía, agosto de 2021, disponible en <https://www.economia.gob.mx>

4. En 2014 se abrió al turismo una mina en Taxco de Alarcón, Guerrero, presentada como un espacio donde los indios prehispánicos removieron toneladas de piedra para extraer plata, además de oro, plomo, zinc y cuarzo. Se asegura que logró su conservación gracias a que durante siglos solo se habían trabajado sus primeros 150 metros.

recurrente en la iconografía olmeca— podrían corresponder a las cañadas en cuyo fondo hay depósitos de piedra verde (Jaime *et al.* 2012).

Para el horizonte Clásico (150/200-900 d.C.), se multiplican los sitios donde se manifiesta un consumo de recursos minerales que rebasan el ámbito doméstico o familiar. Las élites de Monte Albán, Calakmul, Copán o Teotihuacan incorporaron el brillo, el color o la dureza de los minerales a su iconografía del poder. Respecto a este último megasitio, además del proceso de urbanización temprana, nos interesa verificar tres puntos de su hipotética zona fronteriza, donde se explotaron minas con intensidad: 1) la sierra de las Navajas, por su obsidiana; 2) la Sierra Gorda, por el cinabrio y 3) varias partes de Zacatecas, por los granates y otros materiales finos. En nuestro cuadro cronológico, el norte de México cobra importancia, pues la región de Chalchihuites y, posiblemente, Mazapil y Concepción del Oro, fueron colonizados por mineros rastreadores en fecha temprana —quizá 350 d.C.—. Desde entonces, y en adelante, estas provincias abastecedoras de recursos escasos de lujo se integraron al antiguo sistema mundial mesoamericano (Weigand 1993; Fenoglio 2011).

Posterior a la caída de los grandes centros (c. 500-900 d.C.), Tula se alza como la capital de los extraordinarios artifices en el Altiplano central de México, aunque su fama todavía se sustenta en las fuentes históricas que atribuyen a Quetzalcóatl y a sus discípulos los más antiguos logros de la orfebrería y de la obra de cantera (León-Portilla *et al.* 1978.). En cambio, sitios menos conocidos —como San José Ixtapa, Estado de México— sí cuentan con los indicadores arqueológicos y toponímicos propios de centros de producción de mercurio, como hornillos rústicos, restos de piedra quemada y de mezclas de mena y cal, así como anomalías magnéticas que indican las zonas de calentamiento (Barba y Herrera 1986).

Para el último período, el Posclásico (900-1521 d.C.), los mexicas y tarascos no solo son los consumidores mayoritarios de bienes suntuarios de origen mineral, sino que controlaban el acceso a los yacimientos ubicados en su entorno inmediato y en lugares distantes. La evidencia arqueológica recuperada de boleos (es decir, depósitos aislados de buena ley) y ponderada en laboratorios parece corresponder con lo que declaran la *Matrícula de Tributos* (Litvak 1971) o el *Lienzo de Jucutácato* sobre los gremios de orfebres (Torres y Franco 1996). Se ha documentado un taller lapidario en Otumba, donde se usaban perforadores de obsidiana, cuarzo y pedernal, así como carrizo y el árbol de chechén para abrillantar piedra dura (Charlton 1993).

Me parece pertinente retomar aquí la propuesta de tres estadios de las operaciones mineras que propuso Langenscheidt (1988) según sus apreci-

aciones de los contextos mesoamericanos. El primero se limitaba a una recolección de rocas y minerales a flor de tierra; el segundo estadio se basaba en los tajos a cielo abierto, y el tercero correspondía a las explotaciones subterráneas, donde ya había un dominio de la técnica de martilleo, iluminación, acarreo, entibación, desagüe, ventilación, diseño y producción de implementos y herramientas. Aunque sus estadios no se excluyen necesariamente, el autor casi los hace corresponder con un período olmeca, uno epiolmeca y un último “de auge minero prehispánico y su final”.

La multidisciplinariedad como camino a seguir

Los datos procedentes de tan diversos sitios, temporalidades y disciplinas nos llevan por caminos alternos a la arqueología minera, que no siempre se enfoca en el estudio de la materialidad. En otras palabras, la reconstrucción de esta actividad económica y sociocultural casi siempre se ha hecho a partir de la etnohistoria o la toponimia. Algo parecido sucede con el análisis de los materiales líticos mediante técnicas arqueométricas en busca de una caracterización geoquímica, fechamientos o firmas isotópicas a contrastar con reportes de ingenieros geólogos. Para ubicar centros mineros, si bien las propuestas resultantes son más confiables que la mera especulación, todavía es insuficiente para superar las descripciones que asumen una frugalidad extractiva como probable filosofía prehispánica dominante, o las continuidades y cambios asociados a la tecnología de producción de un mineral que, a su vez, daba vida a una especialización artesanal.

No es que pretenda generalizar, y mucho menos despreciar los trabajos aportados por los precursores de esta línea de investigación. Simplemente señalo lo común que ha sido abordar la minería prehispánica en Mesoamérica de manera indirecta. El reto actual es lograr una verdadera articulación entre a) los datos arqueológicos recogidos de primera mano en campo y en laboratorio, b) los que aportan las fuentes etnohistóricas y c) los estudios iconográficos.

Indicadores arqueológicos directos. Además del “desciframiento” estratigráfico de las bocaminas y galerías subterráneas multinivel, llenas de lenticulas y reocupaciones, a nivel de superficie es importante ir en pos de la ubicación de restos arquitectónicos colindantes a los criaderos. Las más modernas prospecciones aspiran a profundizar en los estudios especializados en la entibación o la ergología minera, pues abren la posibilidad de fechar contextos e identificar variantes locales de un sistema de producción minero mesoamericano. Mientras se confirma la existencia de un campamento minero dentro del territorio de la antigua Mesoamérica, nos hemos de conformar con los espacios de

concentración de desechos primarios, posibles talleres donde se preparaban preformas, núcleos o bloques transportables y almacenables en los grandes asentamientos. Así se ha estimado qué tan intensa fue la producción en cierta época, la variabilidad de productos a nivel local y regional, o si se trató de un trabajo a tiempo completo, intermitente o estacional. Sería más interesante si encontráramos en los socavones nichos o restos materiales parecidos de contenido cúltico prehispánico, o al menos ofrendas, como todavía se depositan a las entidades espirituales del área andina.

En una disciplina donde francamente se privilegia el estudio morfológico de las herramientas o de sus huellas de uso, es una necesidad aproximarnos mediante evidencia de tipo bioantropológico, pues es una clave fundamental para definir las identidades socioculturales implicadas. Nos preguntamos: ¿cuáles fueron los grupos sociales participantes en el laboreo? Es interesante que para Mesoamérica ya se haya propuesto la presencia de niños (Hendrichs 1941). Así también, ¿dónde están o quiénes eran los mineros o prospectores que emprendían una expedición para obtener la materia sagrada desde las entrañas de la Tierra? ¿Cuáles enfermedades asociadas a su ocupación padecieron? Dado que la minería transforma dramáticamente un paisaje, ¿es posible evaluar el impacto ambiental de su entorno en época prehispánica? Los restos humanos registrados y analizados por arqueólogos y antropólogos físicos al interior de minas nos darán la respuesta.

Fuentes etnohistóricas. Pese a todas las complicaciones epistemológicas y metodológicas que implica acercarse a los sistemas de pensamiento indígena, no nos precipitemos a concluir que los de la época prehispánica tal vez están perdidos para siempre, y que toda explicación o modelo interpretativo que se ofrezca será una extrapolación directa con el mundo europeizante, alejada de la verdadera transformación histórica de aquellas sociedades mineras. A menudo, en los inventarios y crónicas del siglo XVI se halla la clave para entender por qué se intensificó la producción de ciertos objetos y no de otros. En los nombres mismos asignados a la mineralia americana, se refleja aquello que era importante para los pueblos originarios (Feldman 1973). Con nuevos cuestionamientos se logran verificar ciertas hipótesis en torno a la organización social, la identidad étnica y las prácticas rituales asociadas a la cosmovisión del mundo mineral indígena que los europeos alcanzaron a conocer y plasmar en un escrito. Algunos trabajos que integran la dimensión simbólica nos recuerdan no solo la existencia de los sistemas binarios, sino la importancia del laboreo minero para asegurar la estabilidad de la entera sociedad. Tal es el caso del oro, incorruptible e inmortal como los dioses, que se opone a la corrosión de los demás metales, y cuyo consumo, incluso en el

campo de la medicina, reafirmaba la hegemonía de México-Tenochtitlan (Torres Montúfar 2015).

Estudios iconográficos. Siguiendo la propuesta metodológica multidisciplinaria, aspiramos que la iconografía aporte más al cuadro de la minería prehispánica reconstruida. La discusión en torno a la inexistencia de milenarios códigos escriturarios mesoamericanos nos obliga a mirar hacia las imágenes plasmadas en esculturas, códices, estelas, artefactos líticos o metálicos, que años atrás los arqueólogos interpretaban como grabados o diseños decorativos. Pero ahora, el amplio repertorio de elementos que se registran, principalmente en la pintura mural y en objetos portátiles inusitados, ofrecen una gama que va de la representación de la percepción física del mundo mineral al simbolismo polisémico limítrofe con la escritura. El mismo color de los pigmentos y demás propiedades ópticas y químicas de cada sustancia esperan ser traducidas como símbolos o hierofanías simples (una espada, una montaña o una piedra) de un ritual o discurso ancestral que enaltecía la posición preeminente y de prestigio de las élites que auspiciaban las diligencias relacionadas con la minería. Estamos de acuerdo con Heather Lechtman (1975) cuando propone que “las tecnologías son sistemas de creencias en sí mismas”, donde las propiedades simbólicas de los recursos minerales y sus transformaciones encontrarían su lugar en un esquema cosmológico perfectamente articulado.

Por lo tanto, para la comprensión de todas las dimensiones referidas, será necesario que la arqueomineralogía trabaje de manera estrecha con la arqueometría, la arqueología de la producción y la arqueología cognitiva. En palabras de Blanca Maldonado (2018), se obtendría una perspectiva multienfoque del fenómeno minero.

Para ir cerrando este ensayo, ejemplificaré con cuatro trabajos donde se recurre a varios tipos de fuentes para reconstruir el escenario que enmarca las tareas mineras en la Mesoamérica precolombina. El primero, emprendido por el Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos (CEMCA), vio una oportunidad en la región de Zináparo –cuya etimología purhépecha *thzinapu* significa “piedra negra”–. En efecto, se confirmó arqueológicamente el desarrollo de operaciones técnicas subterráneas y a cielo abierto, junto con áreas de habitación y talleres vinculados con la obsidiana. Tras meses de registro de cada sitio, y análisis en laboratorio, se concluyó que la explotación sistemática inició a finales del Clásico (de 600 a 850 d.C.). Además, en los diferentes contextos se observaron los “engranajes” socioeconómicos y políticos que estructuraban a las sociedades prehispánicas del centro-norte de Michoacán (Darras 1999).

A diferencia del caso anterior, la reconstrucción arqueológica de las dinámicas que ocurrieron en México-Tenochtitlan se complican al tratarse de una ciudad prehispánica cuyas ruinas fueron completamente cubiertas e invisibilizadas por el asentamiento de los españoles. No obstante, durante las cinco temporadas de exploraciones del Proyecto Templo Mayor (1979-1997) se reunieron numerosos datos, mediante análisis petrográficos y consulta de cartas geológicas, para lograr verificar de dónde se sacaron los tezontles, los basaltos, las andesitas, las calizas, la cal y la arena necesarios para ampliar el Recinto Sagrado, según los deseos del señor Motecuhzoma Ilhuicamina (López Luján *et al.* 2003). Los datos contenidos en las fuentes históricas del siglo XVI se complementaron con los recorridos entre los yacimientos litológicos de la cuenca de México. Así fue como se concluyó que todas las materias primas se extrajeron de canteras ubicadas en las mismas riberas del sistema lacustre y que fueron transportadas en canoas, en un radio que no excede los 22 km desde la antigua megalópolis de Tenochtitlan-Tlatelolco.

El tercer caso, desarrollado por Dorothy Hosler (2005), se convierte en una referencia obligada para el análisis de la metalurgia como antecedente del trabajo de Blanca Maldonado (2018) sobre la fundición de cobre en la zona de Itziparatzico. Hosler comienza por la consulta del *Lienzo de Jicalán* y las colecciones arqueológicas resguardadas en el Museo Regional de Guadalajara. Poco a poco ubica yacimientos en lo que denominará la “zona metalurgista del occidente” de México y un cinturón de cobre (calcopirita), escenario propicio para el desarrollo de la tradición metalúrgica en Mesoamérica. Pero va más allá de los análisis de composición química de las aleaciones o el diseño formal de los artefactos. Hace énfasis en que, durante la elaboración de los objetos metálicos, el grupo especializado y reducido de artesanos pretendía destacar las propiedades ópticas y sonoras, según la visión de la clase dominante que definía lo sagrado a partir de rituales. Su investigación aterriza en una periodificación basada en lo material (argollas, cascabeles, agujas, hachas, anzuelos y punzones), sin excluir una parte interpretativa, donde concluye que los artefactos de metal fueron rasgos clave en la simbolización del poder político y social ostensible.

Mi cuarto y último ejemplo se centra en el *metzcuítlatl* (palabra náhuatl que corresponde a la mica). Como materia especular, era de fácil obtención desde el período Formativo. Sus frágiles y livianas láminas se desprenden de las abundantes rocas pegmatitas, aunque el trayecto a recorrer hasta los yacimientos de ciertas especies micáceas implicaba una compleja organización social y contactos entre teotihuacanos, zapotecos y mayas. En el aspecto simbólico, hay adornos zoomorfos inusitados (Figura 1), hechos de minerales ver-



Figura 1. Ornamentos de mica, encontrados en Huamelulpán, sitio de la Mixteca oaxaqueña (c. 200 d.C.). Cortesía M. Winter.

miculares, una clase de mierda buena e inodora⁵. Más sobresaliente fue que el brillo ambarino de la flogopita o el plateado de la moscovita representó una posible dicotomía asociada a las divinas excrecencias del sol (amarilla) y la luna (blanca). Para cuando se descubre el trabajo de los metales, los mexica del Posclásico sustituyeron el quebradizo *metzcuítlatl* por la resistencia del oro y la plata, igualmente refulgentes (Rosales 2022).

Conclusiones

El interés por la arqueología minera en Mesoamérica no se remonta a más de una centuria. En un primer momento, los especialistas que abordaron el problema fueron ingenieros geólogos, economistas e historiadores que concebían el período prehispánico de la minería en un estadio primitivo, insignificante, que

5. Es interesante que los taínos reconocen el *guanin* (aleación oro-cobre) por su olor putrefacto, y la asocian a la luna cobriza menguante (Falchetti 1999).

terminó abruptamente con la llegada de los conquistadores, constructores de un modelo extractivista que, potenciado tecnológicamente, persiste hasta hoy como sociedades muy cerradas (Sariego 1988). Consecuentemente, todavía se repite que un país latinoamericano rico en recursos minerales despegó en esta pujante actividad económica hasta el siglo XVI, cuando lo cierto es que, al menos en México, es anterior en más de un milenio a la época colonial.

El panorama anterior no es la excepción para la Mesoamérica antigua, pues nos redirige a una de las críticas más severas a la arqueología minera desarrollada en todo el mundo: la tendencia a incorporar una terminología con categorías derivadas de la economía política moderna, especialmente de tipo formalista y objetivista. En ese contexto, es común equiparar la tecnología con simples herramientas y hacer a un lado la naturaleza extracultural de la metalurgia preindustrial y demás actividades afines al manejo de rocas y minerales.

En sus inicios, el estudio de la minería mesoamericana se apoyó en las narrativas etnohistóricas o la tradición oral indígena, que abordan los criaderos más famosos, mientras que la validación incondicional de cualquier descripción hecha por los españoles para presentar el mundo subterráneo de los indios minimizó durante décadas la necesidad de desarrollar nuevas pesquisas arqueológicas en torno al tema. Además, tal como sucede en el área andina, las huellas de laboreo rara vez se han conceptualizado como un ámbito de investigación autónomo de la metalurgia o la lapidaria (Salazar y Vilches 2014).

Es cierto que la arqueometría y la arqueología cognitiva están logrando avances para caracterizar las sustancias minerales aprovechadas en época prehispánica y diferenciar entre necesidad de consumo, prestigio y valores representados en las materias primas y objetos magistralmente terminados. Sin embargo, la comprensión del fenómeno minero no alcanzará todas sus dimensiones mientras se siga explicando como un problema de escala o tipo de especialización. No se puede ni debe aislar lo económico de los demás ámbitos de la vida. Hasta la literatura etnográfica mundial sirve como fuente de inspiración e hipótesis antes no concebidas.

Podría parecer demasiado ambicioso la reconstrucción de la minería precolombina que se articuló a lo largo de cinco o más milenios, cuando ni siquiera entendemos bien hasta qué grado estuvieron involucradas las sociedades estatales –por ejemplo, mexica o tarasca– o las comunidades locales en la obtención, la transformación, el transporte, el consumo o la redistribución de las diferentes sustancias que captaron su atención. Sin embargo, confirmar la ubicación de asentamientos prehispánicos quizás contribuya a resolver otros problemas relacionados con la actividad minera, como los movimientos migratorios que hubo hacia la accidentada región cultural del occidente de México.

Los hallazgos registrados a lo largo de los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero, riquísimos en recursos minerales, parece que atrajeron poblaciones provenientes de Zacatecas, del Altiplano central, la costa del Golfo y el noroeste de Sudamérica.

Pese a que la actividad minera consta de subfases que no siempre se logran diferenciar en un análisis arqueológico holístico, estamos convencidos de que la investigación multidisciplinaria es capaz de superar la invisibilización de ciertas prácticas culturales mineras y que nos dará elementos para demostrar que existió una unidad fundamental entre tecnología e ideología, y que, al mismo tiempo, adquirió importancia en la justificación sagrada del poder en Mesoamérica.

Es urgente que recurramos a aproximaciones directas de los contextos arqueológicos que aún se conservan. De lo contrario, corremos el riesgo de perder nuestros principales indicadores, toda vez que continúa la destrucción sistemática de lo que debería ser reconocido como patrimonio geológico, minero o industrial. ¿Cómo conservar el recuerdo de las divinidades ancestrales o secretos que encierra el mundo subterráneo de los habitantes prehispánicos, o siquiera entender las estrategias de dominio, resistencia y continuidad cultural de los antiguos mineros y sus familias? (Cf. Montero 2011). En el Museo Nacional de Antropología de la Ciudad de México se hace un esfuerzo por presentar al gran público vestigios de la minería prehispánica, entre ellos percutores ovoidales, hachas, formones de arenisca y recipientes con pigmentos, procedentes de los sitios de La Quemada, Ranas y Toluquilla.

Es innegable que la arqueología minera todavía se desarrolla de manera muy aislada, sesgada y dispersa, pero varios especialistas del mundo están rectificando el camino, y ya no dirigen sus esfuerzos a resolver problemáticas diversas, sino complementarias. Solo así la reconstrucción de los procesos de búsqueda y explotación de los yacimientos minerales, la transformación de paisajes en áreas de extracción y los centros productivos especializados en metalurgia, lapidaria, escultura y afines, serán un mejor medio para entender y explicar un contexto social lleno de complejidades culturales e históricas. Espero que este ensayo haya despertado el interés por intensificar tales investigaciones.

Referencias citadas

Barba, L. A. y J. L. Córdova. 2010. *Materiales y energía en la arquitectura de Teotihuacán*. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Barba, L. y A. Herrera. 1986. San José Ixtapa: Un sitio arqueológico dedicado a la producción de mercurio. *Anales de Antropología* 13: 87-104.
- Bargalló, M. 1966. *La química en México: La química inorgánica y el beneficio de los metales en el México prehispánico y colonial*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Barrios, A. 2011. *Estudio arqueométrico de la amazonita del sitio arqueológico de Tingambato, Mich. (500-900 d.C.) por medio de las técnicas de espectrometría infrarrojo, raman y de microsonda electrónica*. Tesis de maestría en geociencias y planificación del territorio. Departamento de Geología, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- Bethell, L. 2003. *Historia de América Latina: América Latina Colonial*. Crítica, Barcelona.
- Castellón, B. 2016. *Cuando la sal era una joya: Antropología, arqueología y tecnología de la sal durante el Posclásico en Zapotitlán Salinas, Puebla*. Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Charlton, C. 1993. Obsidian as Jewelry: Lapidary Production in Aztec Otumba, Mexico. *Ancient Mesoamerica* 4: 231-243.
- Daniel, G. 1981. *Historia de la arqueología: De los anticuarios a V. Gordon Childe*. Alianza, Madrid.
- Darras, V. 1999. *Tecnologías prehispánicas de la obsidiana: Los centros de producción de la región de Zináparo-Prieto, Michoacán*. Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, México.
- Dibble, C. E. y A.J. O. Anderson (eds.) 1963. *Florentine Codex, General history of things of New Spain, in thirteen parts, by Fray Bernardino de Sahagún, Libro 11, Parte XII, 'Earhly Things'*, University of Utah Press, Salt Lake City.
- Eiroa, J. 2008. *Nociones de prehistoria general*. Ariel, Barcelona.
- Eliade, M. 1999. *Historia de las creencias y las ideas religiosas: De la Edad de Piedra a los misterios de Eleusis*, Vol. 1. Paidós Orientalia, Barcelona.

- Falchetti, A. 1999. El poder simbólico de los metales: la tumbaga y las transformaciones metalúrgicas. *Boletín de Arqueología* 14 (2): 53-82.
- Feldman, L. 1973. Stones for the Archaeologist. En: *Studies in Ancient Mesoamerica*, editado por J. Graham. Archaeological Research Facility, Department of Anthropology, University of California, Berkeley.
- Fenoglio, F. 2011. *Minería en la cultura Chalchihuites: Un modelo para armar*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. Col. Científica 571.
- Francovich, R. 2001. Arqueología minera. En: *Diccionario de arqueología*, editado por R. Francovich y D. Manacorda, pp. 234-239. Crítica Arqueología, Barcelona.
- Garriz, A. y J. A. Chamizo. 1995. *Del tequesquite al ADN: Algunas facetas de la química en México*. Fondo de Cultura Económica, CONACYT, México. Col. La Ciencia para Todos 72.
- Gaxiola, M. y J. Clark (Coords.) 1989. *La obsidiana en Mesoamérica*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. Col. Científica 176.
- Gazzola, J. 2005. Uso y significado del cinabrio en Teotihuacan. En: *Memoria de la Segunda Mesa redonda de Teotihuacan: La costa del Golfo en tiempos teotihuacanos: Propuestas y perspectivas*, editado por M. A. Ruiz y A. Pascual, pp. 541-569. Instituto Nacional de Antropología e Historia, CONACULTA, México.
- Gazzola, J. 2022. Cinabrio y mercurio en Teotihuacan, y en particular bajo el túnel del templo de la Serpiente Emplumada. *Journal de la Société des Americanistes* 108(1): 83-115.
- González Arratia, L. y L. Mirambell. 2014. Estudio de la lítica arqueológica en Mesoamérica desde el Departamento de Prehistoria. En: *Estudio de la lítica arqueológica en Mesoamérica*, coordinado por L. Mirambell y L. González Arratia, pp. 33-53. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Grégory, C. E. 1982. *A Concise History of Mining*. Pergamon Press, Nueva York.
- Hagenbeck, F. 2011. El éxtasis de los minerales. En: *Minerales de México*, pp. 12-55. Mineralía, México.

- Heizer, R. y E. Treganza. 1944. Mines and Quarries of the Indians of California. *California Journal of Mines and Geology* 40: 291-359.
- Hendrichs, P. 1941. Datos sobre la técnica minera prehispánica. *El México Antiguo: Revista Internacional de Arqueología, Etnología, Folklore, Prehistoria, Historia Antigua y Lingüísticas Mexicanas* 5: 311-328.
- Herrera, A. 1994. Minería prehispánica en la Sierra Gorda. En: *Sierra Gorda: Pasado y presente: Coloquio en homenaje a Lino Gómez Canedo, 1991*, pp. 35-46. Fondo Editorial de Querétaro, Querétaro.
- Hodder, I. 1988. *Interpretación en arqueología*. Crítica, Barcelona.
- Holmes, H. 1900. The Obsidian Mines of Hidalgo, Mexico. *American Anthropologist* 2(3): 405-416.
- Hosler, D. 2005. *Los sonidos y colores del poder: La tecnología metalúrgica sagrada del occidente de México*. El Colegio Mexiquense, Toluca.
- Jaime, O., D. Tenorio, T. Calligaro, J. C. Cruz y M. Jiménez. 2012. Estudio de serpentina olmeca: Extracción, producción y consumo de piedra verde durante el Formativo temprano y medio en el sur de la Costa del Golfo. En: *El jade y otras piedras verdes: Perspectivas interdisciplinarias e interculturales*, editado por W. Wiesheu y G. Guzzi, pp. 55-80. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Jiménez, O., R. Sánchez y J. Robles. 2000. El tecali, un tipo de travertino: Petrografía y uso arqueológico. *Arqueología, Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH* 24 (Segunda Época): 129-143.
- Lang, M. F. 1977. *El monopolio estatal del mercurio en el México colonial (1550-1710)*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Lange, F. (ed.) 1993. *Precolumbian Jade: New Geological and Cultural Interpretation.*, University of Utah Press, Salt Lake City.
- Langenscheidt, A. 1985. Bosquejo de la minería prehispánica de México. *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología* 2(1): 27-58.

- Langenscheidt, A. 1988. *Historia mínima de la minería en la Sierra Gorda*. Rolston, Bain, Windsor, México.
- Langenscheidt, A. 1997. La minería en el área mesoamericana. *Arqueología Mexicana* 5(27): 6-15.
- Lechtman, H. 1975. Style in Technology: Some Early Thoughts. En: *Material Culture: Styles, Organization and Dynamics*, editado por H. Lechtman y R. Merril. Proceedings of the American Ethnological Society, West Publishing, Cambridge.
- León-Portilla, M., J. Gurría, R. Moreno y E. Madero. 1978. *La minería en México: Estudios sobre su desarrollo histórico*. Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Lévi-Strauss, C. 1992. *Tristes trópicos*. Paidós, Barcelona.
- Litvak, J. 1971. *Cihuatlán y Tepecoacuilco: Provincias tributarias de México en el siglo XVI*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Lizalde, E. 1994. Primera estación: Siglo XVI: Antecedentes del mundo indígena. En: *Antología minera en México*, editado por J. Moctezuma Barragán y S. Peláez Farrell, pp. 22-27. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, México,.
- López Luján, L., J. Torres y A. Montúfar. 2003. Los materiales constructivos del Templo Mayor de Tenochtitlan. *Estudios de Cultura Náhuatl* 34: 137-166.
- Lorenzo, J. L. 1968. *La etapa lítica en México*. Departamento de Prehistoria, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Lowe, L. 2005. *El ámbar de Chiapas y su distribución de Mesoamérica*. Centro de Estudios Mayas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MacNeish, R., A. Nelken e I. Johnson, 1967. *Non-Ceramic Artifacts: The Prehistory of the Tehuacán Valley*, Vol. II. University of Texas Press, Austin.
- Magaloni, D. y L. Filloy. 2013. *La Ofrenda 4 de La Venta: Un tesoro olmeca reunido en el Museo Nacional de Antropología: Estudios y catálogo razonado*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

- Maldonado, B. 2018. *Tarascan Copper Metallurgy: A Multiapproach Perspective*, Archaeopress Publishing, Londres.
- Márquez, E. y G. Ramírez. 2021. El uso de chapopote entre los antiguos habitantes del sitio arqueológico Cha Pet de Altamita, Tamaulipas. *Cuicuilco, Revista de Ciencias Antropológicas* 27(79): 275-298.
- Melgar, E., R. Solís y H. Monterrosa 2018. *Piedras de fuego y de agua: Turquesas y jades entre los nahuas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Mirambell, L. 1968. *Técnicas lapidarias prehispánicas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. Col. Científica 25.
- Montero, I. 2011 *Nuestro patrimonio subterráneo: Historia y cultura de las cavernas en México*. Dirección de Estudios Históricos, CONACULTA, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Niederberger, C. 2002. Nácar, jade y cinabrio: Guerrero y las redes de intercambio en la Mesoamérica antigua (1000-600 a.C.). En: *El pasado arqueológico de Guerrero*, editado por C. Niederberger y R. Reyna, pp. 175-223. Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, Gobierno del Estado de Guerrero, CONACULTA, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Nuttall, Z. 1901. Chalchihuitl in Ancient Mexico. *American Anthropologist* 3(2): 227-238.
- Olmedo, B. y J. González. 1986. Áreas de actividad relacionadas con el trabajo del jade. En: *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*, editado por L. Manzanilla, pp. 75-101. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pastrana, A. 2007. *La distribución de la obsidiana de la Triple Alianza en la Cuenca de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. Col. Científica 517.
- Prieto, C. 1968. *La minería en el Nuevo Mundo*. Ediciones de la Revista de Occidente, Madrid.

- Pujol, LI. 2022. La explotación de recursos líticos en el entorno geológico del sitio prehispánico de Sihó (Yucatán) a través del análisis físicoquímico de los metales de caliza. *Estudios de Cultura Maya* 59: 85-115.
- Rapp, G. 2009. *Archaeomineralogy*. Springer Verlag, Berlín.
- Reyes, M. y J. L. Lorenzo, 1980. *Relaciones petrográficas entre un grupo de artefactos líticos y su posible lugar de origen*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. Col. Científica 382.
- Reyes-Valerio, C. 1993. *De Bonampak al Templo Mayor: El azul maya en Mesoamérica*. Siglo XXI, Agro, ASEMEX, México.
- Rivet, P. y H. Arsandaux. 1946. *La metallurgie en Amérique pré-colombienne*. Institut d'Ethnologie, París. Travaux et Mémoires 39
- Rosales, E. A. 2008. Pigmentos, micas y espejos guerrerenses: Uso e intercambio de recursos minerales en el mundo mesoamericano. En: *III Mesa Redonda: El conocimiento antropológico e histórico sobre Guerrero: Reflexiones sobre la investigación multidisciplinaria e integral y su impacto social*, coordinado por R. Reyna. Grupo Multidisciplinario de Estudios de Guerrero, pp. 1-18. CONACULTA, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Rosales, E. A. 2022. La mica: Usos y distribución de un recurso alóctono en Teotihuacan. *Cuicuilco, Revista de Ciencias Antropológicas* 28 (82): 219-254.
- Salazar, D. 2004. Arqueología de la minería: Propuesta de un marco teórico. *Revista Chilena de Antropología* (17): 125-149.
- Salazar, D. y F. Vilches. 2014. La arqueología de la minería en el centro-sur andino: Balance y perspectivas. *Estudios Atacameños* 48: 5-21.
- Sariego, J. L. 1988. *Enclaves y minerales en el norte de México: Historia social de los mineros de Cananea y Nueva Rosita 1900-1970*. CIESAS, México. La Casa Chata 26.
- Schiavitti, V. 1996. *Organization of the Prehispanic Suchil Mining District of Chalchihuites, Mexico A.D. 400-950*. Tesis doctoral. State University of New York, Buffalo.

- Semenov, S. A. 1981. *Tecnología prehistórica (Estudio de las herramientas y objetos antiguos a través de las huellas de uso)*. Akal, Madrid.
- Serra, M. C. y F. Solís (coords.), 1994. *Cristales y obsidiana prehispánicos*. Siglo XXI, México.
- Taube, K. 2005. The Symbolism of Jade in Classic Maya Religion. *Ancient Mesoamerica* 16: 23-50.
- Teresi, D. 2004. *Los grandes descubrimientos perdidos: Las antiguas raíces de la ciencia, desde Babilonia hasta los mayas*. Crítica, Barcelona.
- Torres, J. 2006. *Minerales, rocas, metalurgia y minería en México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Torres, J. y F. Franco. 1996. La metalurgia tarasca: Producción y uso de los metales en Mesoamérica. En: *Temas Mesoamericanos*, coordinado por S. Lombardo y E. Nalda, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, pp. 71-110.
- Torres Montúfar, O. 2015. *Los señores del oro: Producción, circulación y consumo de oro entre los mexicas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Trigger, B. 1982. *La revolución arqueológica*. Fontamara, Barcelona.
- Trujillo, A. 2011. *Un modelo predictivo arqueológico: El caso de la minería del cobre durante el siglo XVI en la región de Tierra Caliente, Michoacán*. El Colegio de Michoacán, Zamora.
- Urrutia, J., L. Manzanilla y L. Barba. 1994. Propiedades magnéticas de cerámicas y arcillas de Teotihuacan y Veracruz, Mesoamérica: Caracterización y proveniencia. *Geofísica Internacional* 33 (2): 257-270.
- Vaughn, K. y N. Tripcevich. 2013. An Introduction to Mining and Quarrying in the Ancient Andes: Sociopolitical, Economic and Symbolic Dimensions, pp. 3-19. En: *Mining and Quarrying in the Ancient Andes*, editado por N. Tripcevich y K. Vaughn. Springer, Nueva York.
- Vázquez, M. L., C. Vidal y G. Muñoz. 2013. Pigmentos locales e importados en la decoración mural de los palacios de la Acrópolis de La Blanca: Caracteri-

- zación científica e interpretación. En: *Técnicas analíticas aplicadas a la caracterización y producción de materiales arqueológicos en el área maya*, editado por A. Velázquez y L. Lowe (pp. 11-29). Centro de Estudios Mayas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Vega, B. 1987. Los metales y los aborígenes de La Española. *Santos, chamanes y zemíes*, pp. 31-57. Fundación Cultural Dominicana, Santo Domingo.
- Villa, T., J. A. López, M. Jiménez y D. Tenorio. 2012. Characterization of Slate Ornaments from Teotihuacan by Nuclear and Conventional Techniques. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 292: 1249-1258.
- Weigand, P. 1968. The Mines and Mining Techniques of the Chalchihuites Culture. *American Antiquity* 33(1): 45-61.
- Weigand P. 1993. *Evolución de una civilización prehispánica*. El Colegio de Michoacán, Zamora.
- Wiesheu, W. 2012. Cultura e industria lapidaria del jade en el Neolítico terminal en China: Consideraciones en torno al debate sobre una "Edad del Jade". En: *El jade y otras piedras verdes: Perspectivas interdisciplinarias e interculturales*, editado por W. Wiesheu y G. Guzzi, pp. 259-304. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Yeoman, Barry. 2010. The Mines that Built Empires. *Archaeology* 63(5): 20-25.